



مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
الإدارة العامة لبرامج المنح

تصميم آلة نصف آلية لحصاد التمور

م ط-١-٣

(التقرير النهائي)

أ.د. عبد الرحمن بن عبد العزيز الجنوبي

أ.د. سعد بن عبد الرحمن الحامد

أ.د. صالح بن عبد الرحمن السحيباني

جامعة الملك سعود

قسم الهندسة الزراعية - كلية علوم الأغذية والزراعة

١٤٣١ / ١ / ٨ هـ

الموافق ١٤ / ١٢ / ٢٠١٠ م



**Kingdom of Saudi Arabia
King Abdulaziz City For Science and Technology
General Directorate of Research Grants Programs**

MT-1-3

FINAL REPORT

**DESIGN OF SEMI AUTOMATIC MACHINE FOR DATE
HARVESTING**

**Prof. Dr. Abdulrahman A. Al-Janobi
Prof. Dr. Saad A. Al-Hamed
Prof. Dr. Saleh A. Al-Suhaibani**

**KING SAUD UNIVERSITY
Department of Agricultural Engineering
College of Food & Agricultural Sciences**

**8/1/1431 H
14/12/2010 G**

P.O.Box ٦٠٨٦ - Riyadh ١١٤٤٢ - Telephone. ٤٨٨٣٥٥٥-٤٨٨٣٤٤٤ - Fax ٤٨١٣٨٧٨ - E-mail.. GDRGP@KACST.EDU.SA

جميع حقوق الطبع محفوظة لمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، غير مسموح بطبع أي جزء من أجزاء هذه الكتاب أو خزنه في أي نظام لخزن المعلومات واسترجاعها أو نقله على أي هيئة أو بأي وسيلة سواء كانت الكترونية أو شرائط ممغنطة أو ميكانيكية أو استنساخاً، أو تسجيلاً، أو غيرها إلا بإذن من صاحب حق الطبع. إن كافة الآراء والنتائج والاستنتاجات والتوصيات المذكورة في هذا التقرير هي خاصة بالباحثين ولا تعكس وجهة نظر المدينة.

All rights Are Resaved to King Abdulaziz City for Science and Technology. No Part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means- electronic, electrostatic magnetic tape, mechanical, photocopying, recording or otherwise- without the permission of the copyright holders in writing. All views, results, conclusions, and recommendations in this report represent the opinions or the authors and do not reflect opinions of KACST.

شكر وتقدير

أقدم بالشكر والتقدير لمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية على تبني هذا المشروع المهم وتمويله، وأخص بالشكر جميع العاملين في إدارة برامج المنح على صبرهم وحسن تفهمهم لضخامة المشروع وضرورة التمديد من أجل تقديم أفضل النتائج. وأشكر جميع الذين عملوا معنا في المشروع من منسوبي كلية علوم الأغذية والزراعة ، جامعة الملك سعود بالرياض وكلية المجتمع بحريملاء، جامعة شقراء ومدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية.

أكتب هذه الكلمات في نهاية هذا المشروع الذي تم فيه إجراء تجارب حقلية ومعملية، ونظرا لبعض الصعوبات الفنية وتعطل الأجهزة والذي قيد فترة عمل الفريق في قياس كفاءة أداء الآلة بدقة أكثر وحساب التكلفة الاقتصادية ومقارنتها بالوضع الحالي. ولكن جهد الباحثين وصبرهم أدى إلى اكتمال المشروع بحمد من الله، فلهم مني جزيل الشكر والتقدير.

الباحث الرئيس

أ.د. عبد الرحمن بن عبد العزيز الجنوبي

قائمة المحتويات

رقم الصفحة	
أ	صفحة الغلاف باللغة العربية.....
ب	صفحة الغلاف باللغة الإنجليزية.....
ج	حقوق الطبع.....
د	شكر وتقدير.....
هـ	قائمة المحتويات.....
ح	قائمة الجداول.....
ك	قائمة الأشكال.....
ت	الملخص باللغة العربية.....
ذ	الملخص باللغة الإنجليزية.....
١	الفصل الأول.....
١	المقدمة.....
٨	الفصل الثاني.....
٨	أهداف لمشروع.....
٩	الفصل الثالث.....
٩	المسح الأدبي.....
٩	١-٣ طرق التعامل مع نخيل التمر لتنفيذ العمليات المختلفة.....
١١	٢-٣ طرق حصاد التمر.....
٢٠	٣-٣ الربوط واستخداماته في الزراعة.....
٢٠	١-٣-٣ الربوط.....
٢١	٢-٣-٣ الوصف الوظيفي للمنظومة التقنية للربوط.....
٢٢	١-٢-٣-٣ المعالج الميكانيكي (الحركي) The Manipulator.....
٢٥	٢-٢-٣-٣ آلية تحريك درجة الحرية.....
٢٧	٣-٢-٣-٣ المنظومة المنفذة.....
٢٨	٤-٢-٣-٣ منظومة التحكم بالمعالج الحركي.....

٢٨	.....العلاقات الكينماتيكية الأساسية للمعالج الحركي.....
٣١	.....عمليات التحكم في الذراع الآلية والبرمجة.....
٣٢	.....استخدامات الأذرع الآلية في الإنتاج الزراعي.....
٣٢	.....الأساسيات.....١-٤-٣-٣
٣٥	.....استخدامات مختلفة.....٢-٤-٣-٣
٤٥	.....تطبيقات أخرى للربوط في خدمة الزراعة.....٣-٤-٣-٣
٤٨	.....منظومات التعرف على المحاصيل على الأشجار عند حصادها آلياً.....٥-٣-٣
٥٨	.....أدوات تحليل الأذرع الآلية.....٦-٣-٣
٦٤	.....الشبكات العصبية الاصطناعية للتحكم في الأذرع الآلية.....٧-٣-٣
٦٤	.....أساسيات عامة.....١-٧-٣-٣
٦٨	.....تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية في التحكم بالمعالج الحركي.....٢-٧-٣-٣
٧٢	.....الفصل الرابع.....
٧٢	.....منهج البحث وخطوات العمل.....
٧٢	.....١-٤ تحليل أوضاع العذق على النخلة.....
٧٣	.....٢-٤ تصميم الآلة وفقاً للمقترح البحثي الأساسي.....
٧٤	.....٣-٤ المرحلة الأولى للتصميم على أساس الربوط.....
٧٤	.....١-٣-٤ تفاصيل الذراع الآلي الأولى.....
٧٩	.....٢-٣-٤ تفاصيل معدة رفع الذراع للنخلة ذاتية الحركة.....
٨١	.....٣-٣-٤ تجهيز الذراع الآلي الأولى للعمل على المعدة التلسكوبية.....
٨٢	.....٤-٣-٤ مكان التجارب التمهيدية باستخدام الربوط الأولى.....
٨٢	.....٥-٣-٤ طرق التجارب التمهيدية باستخدام الربوط الأولى.....
٨٥	.....٦-٣-٤ البيانات والقياسات باستخدام الربوط الأولى.....
٨٦	.....٧-٣-٤ القياسات المعملية لقوى القص لأفرع العذوق.....
٨٧	.....٨-٣-٤ تطوير العمل بتركيب كاميرات على الرافعة واستخدام الربوط الأولى مع أداة القص.....

٨٨	١-٨-٣-٤ وضع جهاز القص على الذراع الآلي الأولى.....
٩١	٢-٨-٣-٤ وضع كاميرات على الرافعة.....
٩٤	٣-٨-٣-٤ التجارب الحقلية الثانية في الوضع الجديد.....
٩٦	٩-٣-٤ تعديل كابينة الرافعة ومكان تجميع التمور على الرافعة.....
٩٧	٤-٤ المرحلة الثانية للتصميم على أساس الربوط الثاني.....
١٠٥	الفصل الخامس.....
١٠٥	النتائج والمناقشة.....
١٠٥	١-٥ التحليل الإحصائي والعلاقات لأوضاع العذق على النخلة واختيار طول الذراع الآلي الأولى.....
١٠٥	٢-٥ نتائج التجارب التمهيديّة لمنظومة الحصاد نصف الآلية (الذراع الآلي الأولى موضوع على الرافعة).....
١١٦	٣-٥ تحليل البيانات المعملية لقوى القص لأفرع العذوق.....
١٢٠	٤-٥ نتائج التجارب لمنظومة الحصاد نصف الآلية (الذراع الآلي الأولى + وحدة القص على الرافعة).....
١٢٣	٥-٥ نتائج التجارب لمنظومة الحصاد نصف الآلية (الذراع الآلي الثاني موضوع على الرافعة) MRUDH.....
١٢٨	٦-٥ تعديل في وحدة قطع أفرع العذوق.....
١٢٩	الفصل السادس.....
١٢٩	الاستنتاجات والتوصيات.....
١٣٣	الفصل السابع.....
١٣٣	المراجع.....
١٤١	الفصل الثامن.....
١٤١	الملاحق.....
١٦٥	المصطلحات الإنجليزية المعربة.....

قائمة الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	جدول رقم
١	مساحات إنتاج وكميات إنتاج التمور في المملكة العربية السعودية.....	(١)
٥٩	متغيرات الحركة لذراع آلية.....	(٢)
٧٥	مواصفات الذراع الآلي الأولى من شركة Neuronics ..	(٣)
٨٠	مواصفات رافعة تلسكوبية ذاتية الحركة لحمل الذراع الآلي من نوع Caterpillar Telehandlers.....	(٤)
٩١	مواصفات جهاز القص الذي يربط مع الذراع الآلي....	(٥)
١٠٠	مواصفات الربوط الثاني من نوع AM100iC من شركة FANUC.....	(٦)
١٠٦	معايير إحصائية لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة لصنف التمر الخلاص عند أعمار مختلفة.....	(٧)
١٠٨	معايير إحصائية لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة لصنف التمر سكري عند أعمار مختلفة.....	(٨)
١٠٩	معايير إحصائية لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة لصنف التمر نبوت سيف عند عمر ١٥ سنة..	(٩)
١٠٩	معايير إحصائية لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة لصنف التمر خضري عند عمر ١٠ سنوات....	(١٠)
١١١	معاملات الارتباط بين خصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة لأصناف التمر وأعمار النخلة المختلفة....	(١١)

رقم الصفحة	عنوان الجدول	جدول رقم
١١١	تحليل التباين لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة والتي تشمل قطر العذق D ، وبعد العذق عن الجذع L ، ونصف قطر حامل العذق R ، والمسافة الأفقية بين العذقين S وتأثره بعمر النخلة لصنف إخلص في المزرعة الأولى.....	(١٢)
١١٢	تحليل التباين لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة والتي تشمل قطر العذق D ، وبعد العذق عن الجذع L ، ونصف قطر حامل العذق R ، والمسافة الأفقية بين العذقين S وتأثره بعمر النخلة لصنف الخلاص في المزرعة الثالثة.....	(١٣)
١١٢	تحليل التباين لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة والتي تشمل قطر العذق D ، وبعد العذق عن الجذع L ، ونصف قطر حامل العذق R ، والمسافة الأفقية بين العذقين S وتأثره بعمر النخلة لصنف سكري في المزرعة الأولى.....	(١٤)
١١٣	تحليل التباين لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة والتي تشمل قطر العذق D ، وبعد العذق عن الجذع L ، ونصف قطر حامل العذق R ، والمسافة الأفقية بين العذقين S وتأثره بعمر النخلة لصنف الخلاص.....	(١٥)
١١٦	بيانات أداء الرافعة التلسكوبية.....	(١٦)
١٢٢	الخصائص الميكانيكية لأفرع عذوق التمر لصنف البرحي.....	(١٧)
١٢٤	زمن حصاد التمر عند ارتفاعات نخلة مختلفة بمنظومة الحصاد نصف الآلية.....	(١٨)

رقم الصفحة	عنوان الجدول	جدول رقم
١٢٧	الأزمنة المختلفة والكفاءة الحقلية والإنتاجية بمنظومة الذراع الآلي الثاني موضوع على الرافعة لحصاد نخلة واحدة ارتفاعها ٥,٣ متر عليها عدد من العذوق.....	(١٩)

قائمة الأشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل	شكل رقم
٣	الطريقة التقليدية في حصاد التمور.....	(١)
٩	..... Kader and Hussein (٢٠٠٩م).	(٢)
١٠	طريقة هيدروليكية للتعامل مع نخلة التمر (١٩٨٨م) Ibrahim	(٣)
١١	Abounajmi الطريقة التقليدية لحصاد التمور (٢٠٠٤م)....	(٤)
١٣	تطوير الرافعات الهيدروليكية في حصاد التمور http://www.eingedi.dead-sea.k12.il/EinGedi/datepalm.htm	(٥)
١٤	Al-Suhaibani آلة خدمة النخيل أثناء عملها بالحقل (١٩٨٨م).....	(٦)
١٥	آلة لخدمة أشجار النخيل معلقة على خلفية جرار زراعي تعتمد الآلة كلياً في عملها على القدرة الهيدروليكية المتوفرة بالجرار الزراعي Fadel (٢٠٠٥م).....	(٧)
١٦	Kader and Hussein أحد طرق حصاد التمور في كاليفورنيا (٢٠٠٩م).....	(٨)
١٨	وسيلة لتسلق النخلة ومن ثم سير لنقل التمور إلى لأرض... http://www.freepatentsonline.com/3684072.pdf	(٩)
١٨	يتم حصاد التمور يدوياً في سلة ومن ثم إنزالها إلى الأرض Kader and Hussein (٢٠٠٩م).....	(١٠)
١٩	Jahromi) علاقة بين عمر النخلة وارتفاع الجذع (٢٠٠٧م).....	(١١)
٢١	المخطط الوظيفي لمنظومة التحكم بالربوط (معلًا، .....(٢٠٠٨	(١٢)
٢٢	..... أحد أشكال الملقط للربوط.....	(١٣)

- (١٤) أحد أشكال الملقط للربوط أثناء حصاد الباذنجان (HAYASHI وآخرون ، ٢٠٠٥م)..... ٢٣
- (١٥) أحد أشكال الملقط للربوط أثناء حصاد الفراولة..... ٢٣
- (١٦) معالج ميكانيكي مفصل..... ٢٤
- (١٧) المعالج الحركي..... ٢٥
- (١٨) ذراع آلية تشغل بثلاثة محركات (Selig, 1992, p.29)..... ٢٦
- (١٩) تصميمات مختلفة من الأذرع الآلية..... ٢٧
- (٢٠) منظومة كينماتيكية المفتوحة..... ٢٩
- (٢١) كيفية تحرك المعالج ذو المفاصل..... ٣٠
http://eprints.lib.okayama-u.ac.jp/776/1/074_0021_0027.pdf
- (٢٢) أساسيات ربوط حاصد الفواكه..... ٣٢
- (٢٣) المكونات الأساسية للربوط يستخدم في عمليات زراعية متعددة Hirakawa وآخرون (٢٠٠٢م)..... ٣٣
- (٢٤) حديثا ظهرت أنواع من الربوطات في المجال الزراعي، لتخدم فكرة الزراعة الدقيقة، والذي يمكن التحكم فيه بالكامل آليا من خلال محطة عمل..... ٣٤
- (٢٥) الزراعة مع الربوط معا ينتج AGROBOTS..... ٣٤
http://exploring.external.lmco.com/Botball2007/National/Papers/papers/07_Paper_Ely-Ely-Cieslikowski_6.pdf
- (٢٦) يمكن استخدام الربوط في حصاد الطماطم..... ٣٥
www.csmonitor.com/.../robots-tend-the-tomatoes
- (٢٧) يمكن استخدام الربوط في حصاد العنب..... ٣٥
<http://mama.agr.okayama-u.ac.jp/lase/multi.html>
- (٢٨) يمكن استخدام الربوط في حصاد الخيار..... ٣٦
<http://mama.agr.okayama-u.ac.jp/lase/cucum.html>
- (٢٩) يمكن استخدام الربوط في حصاد الفراولة..... ٣٦
<http://mama.agr.okayama-u.ac.jp/lase/straw.html>
- (٣٠) يمكن استخدام الربوط في حصاد الطماطم..... ٣٦
<http://mama.agr.okayama-u.ac.jp/lase/tomato.html>

رقم الصفحة	عنوان الشكل	شكل رقم
٣٧	ربوط لالتقاط الفلفل Qiaoa وآخرون (٢٠٠٤م).....	(٣١)
٣٨	أذرع آلية لحصاد البرتقال.....	(٣٢)
٣٨	استخدام الذراع الآلية في حصاد عيش الغراب، Reynolds) بدون تاريخ).....	(٣٣)
٣٨	حصاد الكرنب في الحقل باستخدام ربوط، Murakami وآخرون (بدون تاريخ).....	(٣٤)
٣٩	يمكن للذراع الآلي التقاط الفراولة.....	(٣٥)
٣٩	ذراع آلي ذات ٨ حركات لحصاد الفاكهة، Nashi وآخرون (١٩٨٩م).....	(٣٦)
٤٠	ذراع آلي يمكن استخدامه في تطبيقات زراعية.....	(٣٧)
٤٠	صورة المؤثر النهائي لمنظومة آلية لحصاد الطماطم Kondo وآخرون (٢٠٠٨م).....	(٣٨)
٤٠	صورة حركة المؤثر النهائي لإلتقاط الطماطم باستخدام ذراع آلية Kondo وآخرون (٢٠٠٨م).....	(٣٩)
٤١	المؤثر النهائي لاستخدام الربوط في حصاد الفراولة المزروعة في مصاطب Kondo وآخرون (٢٠٠٥م).....	(٤٠)
٤٢	استخدام الربوط في حصاد الفراولة المزروعة في مصاطب Kondo وآخرون (٢٠٠٥م).....	(٤١)
٤٢	تنفيذ عمليات الحصاد الكلية للتفاح باستخدام الربوط Peterson وآخرون (١٩٩٩م).....	(٤٢)
٤٣	تنفيذ عمليات مكافحة الحشائش باستخدام الربوط، Jeon وآخرون (٢٠٠٥م).....	(٤٣)
٤٤	تنفيذ عمليات حصاد الفراولة باستخدام الربوط، Arima وآخرون (٢٠٠٤م).....	(٤٤)

رقم الصفحة	عنوان الشكل	شكل رقم
٤٤	Ling وآخرون يمكن حصاد الطماطم بالربوط، .....(٢٠٠٤م)	(٤٥)
٤٩	تختلف المحسات في الربوطات حسب استخدام الربوط.....	(٤٦)
٤٩	أولا يتم التعرف على الثمرة ثم مسكها ثم قطعها ثم وضعها على مكان النقل.....	(٤٧)
٥٠	كاميرا على ربوط لحصاد الكرنب.....	(٤٨)
٥٠	الكاميرات تلتقط الصور الملونة ومن ثم تحليل الألوان لتحديد الثمار الناضجة (Jimenez وآخرون، ٢٠٠٠م).....	(٤٩)
٥١	الكاميرات تعتمد على التقاط الصور الملونة ومن ثم تحليل الألوان لتحديد الثمار الناضجة ويستخدم لذلك وسائل منها الشبكات العصبية الاصطناعية لمطابقة الأنماط.....	(٥٠)
٥١	تتكون منظومة التقاط الصور من كاميرا وحاسب الآلي وبرامج تحليل الصور (Bulanon وآخرون .....(٢٠٠٦م)	(٥١)
٥٣	خطوات التعرف على الثمار من خلال منظومة التقاط الصور (Jimenez وآخرون، ٢٠٠٠م).....	(٥٢)
٥٤	التقنيات المستخدمة في التعرف على الثمار على الأشجار ونسبة النجاح.....	(٥٣)
٥٥	يمكن استخدام محس الليزر في التعرف على الثمار على الشجرة ومن ثم التقاطها بالربوط.....	(٥٤)
٥٦	مع الكاميرات لا بد من وجود إضاءة كافية.....	(٥٥)
٥٦	أحد برمجيات تحليل الصور.....	(٥٦)
٥٧	منظومة حصاد متكاملة بالربوط والكاميرات والبرمجيات لحصاد الفلفل.....	(٥٧)

رقم الصفحة	عنوان الشكل	شكل رقم
٥٧	منظومة حصاد متكاملة بالربوط والكاميرات والبرمجيات لحصاد النباتات والتحكم من على بعد بواسطة شبكة محلية.....	(٥٨)
٥٩	حركة ذراع آلة لجمع التفاح، D'Esnon وآخرون .....(١٩٨٧م)	(٥٩)
٦٠	ذراع آلي لخدمات متحركة، Klug وآخرون .....(٢٠٠٥م)	(٦٠)
٦١	دراسة الفارق الزمني للوصول للهدف واستيعابه من خلال عدة منظومات لحركات الذراع أمامية Frontal ، سهمية الشكل Sagittal وباستخدام الذراع الآلية Robot، Craighero وآخرون (٢٠٠٨م).....	(٦١)
٦٢	محاكاة حركة الذراع الآلي، Sivaraman and Burks .....(٢٠٠٧م)	(٦٢)
٦٢	متغيرات حركة الذراع الآلي، Sivaraman and Burks .....(٢٠٠٧م)	(٦٣)
٦٣	..... Lynx-6 الآلي	(٦٤)
٦٣	المتغيرات التي تم تعريفها للوصلات في الذراع الآلي.....Lynx-6	(٦٥)
٦٤	نمذجة ذراع آلي كذراع الإنسان.....	(٦٦)
٦٥	الخلية العصبية الطبيعية البيولوجية.....	(٦٧)
٦٥	الخلية العصبية الاصطناعية.....	(٦٨)
٦٦	طريقة تدريب الشبكة العصبية الاصطناعية بمعلم Supervised لتدريب ربوط متعدد الأصابع Al-Gallaf .....(2008)	(٦٩)

شكل رقم	عنوان الشكل	رقم الصفحة
(٧٠)	أنواع شبكات عصبية اصطناعية. ذات تغذية خلفية (b) ذات تغذية أمامية.....	٦٧
(٧١)	التحكم في كينماتيكا التقدم والرجوع للمعالج الحركي وفقا لمتغيرات عديدة.	٦٧
(٧٢)	دائرة التحكم باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في الربوط. Koh وآخرون (١٩٩٤م).....	٦٨
(٧٣)	هيكل شبكة عصبية اصطناعية من أربع طبقات لتدريب ربوط متعدد الأصابع. Al-Gallaf (2008).....	٦٩
(٧٤)	حركة الهدف في محوري Y و Z أثناء عملية تدريب معالج حركي متعدد الأصابع باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية. Al-Gallaf (2008).....	٦٩
(٧٥)	معالج حركي تم التحكم فيه من خلال الشبكات العصبية الاصطناعية. Patiño وآخرون (٢٠٠٢م).....	٦٩
(٧٦)	طريقة التدريب لمعالج حركي من خلال الشبكات العصبية الاصطناعية. Patiño وآخرون (٢٠٠٢م).....	٧٠
(٧٧)	معالج حركي يتم إيجاد زوايا التوضع له بشبكة عصبية اصطناعية Jha (٢٠٠٩م).....	٧١
(٧٨)	القيم التجريبية والمتنبأ بها من الشبكات العصبية الاصطناعية لزاوية المفصل ٢ للمعالج الحركي في شكل (٧٧) Jha (٢٠٠٩م).....	٧١
(٧٩)	أبعاد العنق وتشمل القطر D وبعد العنق عن الجذع L ونصف قطر حامل العنق R والمسافة بين العنق والآخر S.....	٧٣
(٨٠)	فكرة التصميم للمشروع المقدم مع المقترح البحثي	٧٤
(٨١)	صورة الذراع الآلي الأولى من شركة Neuronics	٧٤

رقم الصفحة	عنوان الشكل	شكل رقم
٧٥	كيفية توصيل الذراع بالحاسب الآلي عن طريق كبل شبكة.....	(٨٢)
٧٥	كيفية توصيل الذراع بالحاسب الآلي عن طريق وصلة USB.....	(٨٣)
٧٦	المتغيرات التي تتحكم في حركة الذراع.....	(٨٤)
٧٦	مخطط للمهمة الممكن تنفيذها بالذراع.....	(٨٥)
٧٧	مخطط للمهمة الممكن تنفيذها بالذراع.....	(٨٦)
٧٧	صندوق التحكم الخارجي في الذراع الآلية.....	(٨٧)
٧٨	خطوات تنفيذ برنامج السيطرة على الذراع الآلية.....	(٨٨)
٧٨	زاويا التحرك المتاحة من الذراع الآلية.....	(٨٩)
٧٩	الآلة التلسكوبية الحاملة للذراع الآلي.....	(٩٠)
٨١	صورة المنصة عليها الذراع الآلي الأولى مركبة على شوكة الرافعة.....	(٩١)
٨٢	يتم التوصيل ما بين جهاز التحكم في الذراع الآلي وجهاز الحاسب الآلي الموضوع في مقصورة المعدة الزراعية.....	(٩٢)
٨٣	عمل المعايرة للذراع الآلي للتأكد من التشغيل.....	(٩٣)
٨٣	توجيه شوك الرافعة الحاملة للذراع الآلي ناحية النخلة....	(٩٤)
٨٣	رفع شوك الرافعة الحاملة للذراع الآلي ناحية النخلة....	(٩٥)
٨٤	استمرار رفع شوك الرافعة الحاملة للذراع الآلي ناحية النخلة مع التوجيه.....	(٩٦)
٨٤	توجيه الذراع الآلي عن طريق الحاسب الآلي إلى الهدف	(٩٧)
٨٤	تلامس الذراع الآلي مع التمر.....	(٩٨)
٨٥	إجراء التواء للذراع (الجزء الأخير) لقص التمر وإسقاطها على الجزء القماش المعد لذلك.....	(٩٩)

شکل رقم	عنوان الشکل	رقم الصفحة
(١٠٠)	المنظومة متكاملة (الرافعة، الذراع، الحاسب الآلي) أثناء العمل الحقلی.....	٨٥
(١٠١)	قياس القوة اللازمة لقص الأفرع الحاملة للتمور معملياً.. .	٨٦
(١٠٢)	تم قص فرع واحد و ٣ أفرع مجمعة و ٥ أفرع مجمعة	٨٦
(١٠٣)	علاقة قوة القص بسرعة الاختبار والمحتوى الرطوبي لأفرع العذوق.....	٨٧
(١٠٤)	وضع الطارة المسننة لعملية القطع.....	٨٨
(١٠٥)	يمكن ربط جهاز القطع مع الذراع الآلي.....	٨٩
(١٠٦)	تجربة جهاز القطع في المعمل لقطع أفرع التمر.....	٨٩
(١٠٧)	جهاز القطع على الذراع الآلي وتجربته معملياً لقطع أفرع التمر.....	٨٩
(١٠٨)	يمكن التحكم في جهاز القطع على الذراع الآلي أثناء تجربته معملياً قطع أفرع التمر.....	٩٠
(١٠٩)	أفرع التمر بعد قطعها بجهاز القطع على الذراع الآلي أثناء تجربته معملياً.....	٩٠
(١١٠)	تجربة جهاز القص يدوياً لقص أفرع التمر.....	٩٠
(١١١)	تم تركيب كاميرات على معدة رفع الذراع الآلية.....	٩١
(١١٢)	عرض صورة العذق على شاشة عرض.....	٩٢
(١١٣)	تثبيت جهاز القص على الذراع الآلي بطريقة يدوية وتجربته معملياً لقص أفرع التمر.....	٩٢
(١١٤)	تجربة جهاز القص والذراع الآلي معملياً لقص أفرع التمر.....	٩٢
(١١٥)	تحريك الذراع الآلي وجهاز القص بعد تثبيتهم على الرافعة.....	٩٣

رقم الصفحة	عنوان الشكل	شكل رقم
٩٣	تغيير حركة الذراع الآلي وجهاز القص بعد تثبيتهم على الرافعة.....	(١١٦)
٩٣	تجربة ومحاكاة وصول الذراع الآلي وجهاز القص بعد تثبيتهم على الرافعة لعذق التمر.....	(١١٧)
٩٤	تغيير محاكاة حركة وصول الذراع الآلي وجهاز القص بعد تثبيتهم على الرافعة لعذق التمر.....	(١١٨)
٩٤	تغيير محاكاة حركة وصول الذراع الآلي وجهاز القص لإجراء عملية قص عذق التمر.....	(١١٩)
٩٥	اختيار حقل في محافظة حريملاء للتجربة الحقلية.....	(١٢٠)
٩٥	نخلة أثناء إجراء التجارب الحقلية.....	(١٢١)
٩٥	الرافعة في الحقل أثناء تجهيز الذراع الآلية.....	(١٢٢)
٩٥	الرافعة في الحقل وعليها الذراع الآلية والكاميرا تمهيدا للتجربة.....	(١٢٣)
٩٦	عمل الذراع الآلي وجهاز القص والكاميرا في الحقل.....	(١٢٤)
٩٦	تغيير حركة عمل الذراع الآلي وجهاز القص والكاميرا في الحقل.....	(١٢٥)
٩٧	تعديلات كابينة الرافعة.....	(١٢٦)
٩٧	تعديلات مكان تجميع التمر.....	(١٢٧)
٩٨	الربوط الثاني من نوع AM100iC من شركة FANUC يعمل في أغراض مختلفة.....	(١٢٨)
٩٨	الربوط الثاني من نوع AM100iC من شركة FANUC.....	(١٢٩)
٩٩	رسم تخطيطي للربوط الثاني من نوع AM100iC من شركة FANUC.....	(١٣٠)
٩٩	منصة الربوط الثاني على الرافعة.....	(١٣١)
١٠١	الربوط الثاني على المنصة.....	(١٣٢)

رقم الصفحة	عنوان الشكل	شكل رقم
١٠١	وضع القرص المستخدم في القص على الذراع الآلية.....	(١٣٣)
١٠٢	مرحلة تثبيت الذراع على المنصة على شوكتي الرافعة... ..	(١٣٤)
١٠٢	مرحلة تركيب كابل التحكم في الربوط الثاني في الحقل... ..	(١٣٥)
١٠٣	.....بداية الرفع.....	(١٣٦)
١٠٣	.....استمرار الرفع.....	(١٣٧)
١٠٣	.....اقتراب الذراع الآلي من العذوق.....	(١٣٨)
١٠٤	.....اقتراب الذراع الآلي من العذوق والتعامل معها لقصها....	(١٣٩)
١٠٤	.....صعود الذراع الآلي فوق العذوق.....	(١٤٠)
١٠٤	.....الرافعة والذراع الآلي يتعاملا مع النخلة.....	(١٤١)
١١٤	علاقة صنف التمور عند عمر ١٥ سنة وأبعاد العذق على النخلة في مزرعة هيف.....	(١٤٢)
١١٥	علاقة عمر النخلة بأبعاد العذق على النخلة لصنف الخلاص في مزرعة هيف.....	(١٤٣)
١١٧	يمكن إجراء شد التمور على النخلة بالذراع الآلي.....	(١٤٤)
١١٧	.....تمكن الذراع الآلي من التمور على النخلة.....	(١٤٥)
١١٧	.....تغلغل الذراع الآلي لداخل التمور على النخلة.....	(١٤٦)
١١٨	.....وصول الذراع الآلي لداخل التمور على النخلة.....	(١٤٧)
١١٨	.....صورة البرنامج الذي يتم من خلاله التحكم بتشغيل الذراع الآلي....	(١٤٨)
١١٨	.....بيانات التحكم للوصول للهدف.....	(١٤٩)
١١٩	.....دخول الذراع الآلي إلى عذق التمر.....	(١٥٠)

رقم الصفحة	عنوان الشكل	شكل رقم
١١٩	الذراع الآلي يمسك بثمره واحدة.....	(١٥٢)
١٢٠	الذراع الآلي قام بعملية التواء لقص التمرة.....	(١٥٣)
١٢٠	الذراع الآلي يمسك بثمره واحدة.....	(١٥٤)
١٢١	علاقة سرعة الاختبار مع نقطة الخضوع (Bioyield point) عند مستويات الرطوبة المختلفة. (Force	(١٥٥)
١٢١	قوة القص للأفرع عند مستويات الرطوبة المختلفة.....	(١٥٦)
١٢٣	أقصى قوة قص للأفرع عند مستويات الرطوبة المختلفة... ..	(١٥٧)
١٢٤	علاقة ارتفاع النخلة بالزمن الكلي للحصاد.....	(١٥٨)
١٢٦	الذراع الآلي يتعامل مع العذق.....	(١٥٩)
١٢٦	التمر المتساقط في وحدة التجميع.....	(١٦٠)
١٢٨	تصميم وحدة لمسك وحدة قص الأفرع الجديدة.....	(١٦١)
١٢٨	وحدة قص الأفرع الجديدة مركبة على الذراع الآلية.....	(١٦٢)
١٣٠	مراحل تنفيذ البحث.....	(١٦٣)

الملخص باللغة العربية

يهدف هذا المشروع إلى تصميم آلة نصف آلية لحصاد التمور تعتمد على وجود ذراع آلية موضوعه على شوكتي رافعة تلسكوبية لتوصيل الذراع إلى التمر على النخيل. وقد أجري البحث من خلال عدة مراحل، ففي المرحلة الأولى تم إجراء قياسات على أبعاد العذق على النخلة من أجل اختيار نصف قطر التشغيل لذراع الآلي. وفي المرحلة الثانية تم تحليل قياسات أبعاد العذق على النخلة ووجد أن المسافة الأفقية بين العذقين على النخلة تزداد بزيادة عمر النخلة والعلاقة بينهما يأخذ شكل علاقة خطية، وتتغير تلك المسافة حسب صنف التمور وتراوحت المسافة من 20.7 سم لصنف نبوت سيف، 34.6 سم لصنف خضري، 32,5 سم لصنف سكري، و 40,8 سم لصنف خلاص في منطقة الرياض. هذه القياسات ساعدت على اختيار ذراع آلي أولي نوع Katana Robot Arm من شركة Neuronics يتكون الذراع من 6 مفاصل تتحرك للأعلى في خط مستقيم أو تتحرك بصورة منحنية ونصف قطر التشغيل 60 سم. وفي المرحلة الثالثة تم اختيار رافعة تلسكوبية ذاتية الحركة لحمل الذراع الآلي من نوع Caterpillar Telehandlers، حيث أنها سهلة المناورة والتحكم وتقوم برفع الذراع الآلي بصورة سريعة ودقيقة إلى منطقة الخدمة مع وجود التوازن اللازم. بحيث تم تثبيت الذراع الآلي على منصة تشبك في شوكتي الرافعة، كما تم تصنيع وحدة لتجميع التمور تقع أسفل الذراع الآلي لتجميع التمور، وقد أمكن تركيب الذراعان الآليان على الرافعة بسهولة ويسر ومن ثم أمكن رفعهما إلى التمور، كما قد تم التحكم في الذراع الآلي من على الأرض من خلال وحدة تحكم. وفي المرحلة الرابعة تم تجربة الوحدة (الرافعة + الذراع الأولى من شركة Neuronics) وأجريت معايرة الذراع لمعرفة حركته في جميع الاتجاهات، وتمت تجربة حركة الذراع على نخيل به تمور غير ناضجة وأمکن للذراع الوصول للهدف بطريقة سهلة ومرنة وكان قادر على مسك التمر وقطعها من ناحية التصاقها بفرع العذق ومن ثم سقوطها في مكان تجميع التمور. وحركة المعدة التلسكوبية ودورانها داخل حقل النخيل تمت بسهولة ودون عوائق ووصولها للنخلة تم بدون عوائق حيث يسمح تصميمها بعمل مناورات في الحقل وتستطيع أن ترتفع حتى 7 متر. وفي المرحلة الخامسة أجريت قياسات معملية لمعرفة قوة قص العذق، حيث تراوحت قوة القص ما بين 116 إلى 142 نيوتن. وفي المرحلة السادسة

تم شراء جهاز قص وتجربته معمليا لمعرفة قدرته على قص الأفرع ومن ثم تم تركيبه مع الذراع الأول من شركة Neuronics وتم تجربة الوحدة متكاملة حقليا وأمكن لجهاز القص قص بعض من أفرع العذوق، ولكن نظرا لأن جهاز القص ليس كوحدة واحدة مع الربوط فقد كانت هناك بعض العوائق لأن يكتمل قص العذوق كامل، لذا تم التحول إلى شراء ربات صناعي يمكنه العمل مع وحدة قص بصورة تكاملية. وفي نفس المرحلة تم تركيب كاميرات على الرافعة لرؤية عذوق التمر عند الارتفاعات العالية على شاشة عرض. وفي المرحلة السابعة تم شراء ذراع آلي من نوع AM100iC من شركة FANUC يعمل في نصف قطر حوالي ١٤٢ سم ويدور حتى ٣٦٠ درجة قادر على حمل أثقال حتى ٥ كجم به ٦ مفاصل قادر على الدوران في اتجاهات x,y,z وتم تثبيت جهاز القص عليه وتمت تجربته حقليا وأثبت كفاءة في العمل أثناء حصاد التمر. حيث أمكن لقرص القص قص أفرع العذوق بسهولة نظرا لأن قرص القص موجود كوحدة واحدة مع الربوط وتم تسجيل زمن الحصاد باستخدام المنظومة المطورة مع الكميات المحصودة لارتفاع نخلة في حدود ٥,٣ متر. وحيث أنه يمكن رفع الرافعة التلسكوبية مع الذراع الآلي بارتفاع حوالي ٧ متر في زمن قليل بمتوسط ٣٥ ثانية، وتقدر فترة حصاد العذوق بحدود ٣٥ ثانية، ويتم الانتقال إلى العذوق التالي في حدود ٨ ثواني، بحيث يمكن إكمال حصاد النخلة الواحدة بمتوسط ٥ عذوق في حدود ٦ دقائق. وبإجراء تحليل بسيط نجد بالمنظومة المطورة يمكنها حصاد ١٠ نخلات في الساعة تقريبا، ومع حربية التشغيل تزداد الكفاءة ويزداد عدد النخيل المحصود، مع العلم بأنه لا يوجد فقد أثناء الحصاد مقارنة بالحصاد اليدوي. ونجد أن تكلفة الكيلوجرام المحصود بالمنظومة المطورة في حدود 0.045 ريال/كجم بالافتراضات المناسبة. ونظرا لبعض الصعوبات الفنية وتعطل الأجهزة والذي قيد فترة عمل الفريق في قياس كفاءة أداء الآلة بدقة أكثر وحساب التكلفة الاقتصادية ومقارنتها بالوضع الحالي.

ومن التوصيات المهمة للمشروع أنه يمكن الاستفادة من وجود تقنية الذراع الآلية في حصاد منتجات أخرى منتجة داخل الصوب الزراعية، وذلك كي يمكن الاستفادة منها في غير أوقات حصاد التمر لزيادة كفاءتها في التشغيل. ويجب العمل على تطوير المناهج في كليات الزراعة والكليات التقنية بالمملكة لتواكب التطور الهائل في تكنولوجيا المعلومات لخدمة الزراعة والعمل على إحداث تقنيات تساعد من زيادة الإنتاج الزراعي

وتحسين المنتجات. ومن التوصيات المهمة تضافر الجهود البحثية في مجالات عديدة من العلم لحل مشكلات الزمن الفعلي أثناء الحصاد حتى يمكن للربوط العمل دون الحاجة للتحكم به من على الأرض.

الكلمات المفتاحية: التمر، الحصاد، الذراع الآلي ، الهندسة الزراعية، الزراعة

الملخص باللغة الإنجليزية

Saudi Arabia is at the forefront of the world production of dates, producing more than 960 tons of dates annually. With an increasing number of palm trees planted and the limited availability of skilled labor and increased the cost of harvest dates, this makes the interest in raising the efficiency of operations and reap the harvest of dates in Saudi Arabia is important work. So, design of semi-automatic machines to harvest dates could be succeeded. So, This Project aims to design a semi-automatic machine to harvest the dates from the palm trees. It depends on an robot arm placed on the forks of a telescopic lever to reach the dates. The research has been conducted in several steps. The first step involved the measurements of dimensions of fruit bunch based on its position on palm tree for the preparation of the automated harvesting dates by robot. This is done choose the radius of the operated robot arm.

The results showed that the horizontal distance between two Bunches increases as to the age of the tree increased with a linear relationship. Moreover, the distance changes according to date type. It was 20.7cm for date type "Naboot saif", and 34.6 cm for "Khedri" type", and 40.8 for "Khalas", and 32.5 cm for "Sukari" in Riyadh region. These measurements were helpful in choosing a preliminary robot arm "Katana Robot Arm" from Neuronics Company. The arm consists of 6 joints move upward either along a straight line or in a curved way with radius of 60 cm.

In the third step, a machine with telescopic arm was chosen to carry the robot arm "Caterpillar Telehandlers". It was easier to handle and to control in order to perform the task of carrying the arm to the service area fast and accurate with required balance. A unit to gather dates beneath the robot arm was also designed and manufactured.

In the fourth step, the entire unit (machine with telescopic arm & robot arm) was tested successfully; the arm reached its target with ease and flexibility, cutting the dates that dropped in the gathering unit. The movement and rotation of the machine around the tress was smooth reaching palm trees with the ability to maneuver and to reach as high as 7 meter.

In the fifth step, laboratory measurements were conducted to determine the strength of cutting the bunch, the strength of the cutting ranges from 116 to 142 N. In the six step, cutting equipment was purchased and laboratory experienced. The complete unit was also tested in the field. However, there were some obstacles in completing the cutting of the bunch since the cutting tools was not a consolidated part of the robot arm. Therefore, another industrial robot arm was purchased with the capability of completely cutting the bunch. At same stage, cameras were installed on the machine in order to monitor bunches at high altitudes on the viewing screens.

At the seven step, a robot arm type "AM100ic" from FANUC company was obtained with ability to work in 142 cm radius, and rotate up to 360 degree. It was also able to carry up to 5 kg and has 6 joints that turnover in the directions X, Y, and Z. The cutting tool was installed on it and tested in the field successfully. In this improved unit, the harvest time for a bunch was 35 second in average. It took only 8 second to move from one bunch to another to the extent that an average of 5 bunches were harvested in 6 minutes.

With simple analysis, we conclude that he improved system can be used to harvest 10 trees in approximately one hour. This excellent rate of performance should even improve and become more efficient with more practice and use. It also important to mention that there was no waist in harvested dates comparing to manual method of harvest. It is estimated that the cost of harvested one KG with this improved system is only 0.045 Saudi Riyal with appropriate assumptions, given some technical difficulties and occasionally malfunctioning of equipments during measuring the efficiency of performance by the teamwork.

The project recommended installing the robot on another carrying unit for vegetable and fruits harvesting grown in greenhouses. Also, the syllabus of courses in agricultural colleges must be modified to include the modern techniques in harvesting vegetable and fruits and research is encouraged to solve the harvesting date palm problem with robot without manual controlling.

Keywords: harvest dates, robotic arm, agriculture, agricultural engineering

الفصل الأول

المقدمة

تعد أشجار النخيل من أقدم أشجار الفاكهة التي عرفها الإنسان، حيث يعود تاريخها إلى أكثر من خمسة آلاف سنة تقريباً. وتتأرجح زراعة أشجار النخيل بين شبة الجزيرة العربية والهند، ثم انتشرت زراعتها في أقطار كثيرة في العالم. أوضح El-Juhany (٢٠١٠م) أن الأقطار العربية تملك حوالي ٧٠٪ من إجمالي النخيل بالعالم، وتنتج حوالي ٦٧٪ من الإنتاج العالمي للتمر. وتأتي المملكة العربية السعودية في مقدمة دول العالم المنتجة للتمر، حيث الإنتاج عام ٢٠٠٥م كان حوالي ٩٧٠٤٨٨ طن من مساحة ١٥٠٧٤٤ هكتار، وزاد الإنتاج إلى ٩٩١٦٦٠ طن من مساحة ١٦١٩٧٥ هكتار في عام ٢٠٠٩م (وزارة الزراعة، ٢٠٠٩م). ويوضح جدول (١) مساحات الإنتاج وكميات الإنتاج بالمملكة خلال السنوات من ٢٠٠٥م إلى ٢٠٠٩م.

جدول (١): مساحات * إنتاج وكميات إنتاج التمر في المملكة العربية السعودية.

2009		2008		2007		2006		2005		جميع المواسم
الإنتاج	المساحة	الإنتاج	المساحة	الإنتاج	المساحة	الإنتاج	المساحة	الإنتاج	المساحة	المناطق
231157	43178	235542	41016	229433	40971	222972	39663	223290	38409	الرياض
57920	10771	61521	11064	59666	10997	63028	10050	64680	10686	مكة المكرمة
125534	18576	124394	18278	123591	19019	117535	18529	100991	19384	المنطقة المنورة
177510	39303	174817	38359	176516	37272	172283	34821	172863	34176	القصيم
148853	13548	143293	13200	141274	13288	136411	12819	134735	11221	الشرقية
30707	5075	31975	5649	39126	5712	45564	6310	50289	6569	عسير
21360	2249	22110	2330	29697	2630	33111	2988	44582	3952	تبوك
114731	18743	113145	17136	107715	16456	107337	17728	104001	17000	حائل
110	12	116	15	79	11	56	9	101	12	الحدود الشمالية
362	288	294	258	228	231	198	207	243	186	جازان
21021	3367	22068	3597	20034	3124	20106	3143	20131	3146	نجران
7080	1395	5496	1246	5925	1411	6711	1496	5027	1253	الباحة
55315	5470	51638	4926	49262	4612	51724	4639	49554	4750	الجوف
991660	161975	986409	157074	982546	155734	977036	152402	970488	150744	المملكة

* الإنتاج بالطن والمساحة بالهكتار ، المصدر: الكتاب الإحصائي السنوي الثالث والعشرون، وزارة الزراعة، المملكة العربية السعودية (٢٠٠٩م).

ولقد أدركت المملكة العربية السعودية أهمية التمور كمحصول وطني استراتيجي يتميز بقيمته الغذائية وأهميته الاقتصادية ودوره في تحقيق الأمن الغذائي الوطني، فقامت بإعداد العديد من البرامج التشجيعية التي تدعم الاستثمار في إنتاج وتصنيع التمور بالمملكة، لعل من أهمها منح قروض ميسرة متوسطة الأجل وبدون فوائد يقدمها البنك الزراعي العربي السعودي للمزارعين لشراء المضخات وشبكات الري والمعدات الزراعية ومنح إعانة على المعدات الزراعية ومعدات الري تصل إلى ٥٥٪ من القيمة ومنح تراخيص زراعية لمشاريع النخيل وتقديم الخدمات الإرشادية وعمليات الوقاية والمكافحة مجاناً ومنح قروض ميسرة بدون فوائد لإقامة مصانع تعبئة وتغليف التمور من قبل صندوق التنمية الصناعية السعودي والبنك الزراعي السعودي. هذه البرامج التشجيعية أدت إلى تجاوب المزارعين وما صاحبه من زيادة في مساحة زراعة النخيل. ومن ناحية أخرى نجد أن البحث العلمي في المملكة العربية السعودية في مجال خدمة أشجار النخيل والتعامل مع منتج التمر مهتم بتحسين أداء الآلات الزراعية على مستوى خدمة أشجار النخيل والبحث عن آلات جديدة لأداء العمليات الزراعية وتطويرها ليكون لها تأثير على الإنتاج الاقتصادي، سواء عن طريق زيادة الإنتاج، وتحسين نوعية المنتجات، والحد من العمالة أو تقليل تكلفة الإنتاج. كما يجب زيادة كفاءة تلك الآلات عن طريق تصميمها والوثوق فيها لتأدية الحد الأدنى والحد الأقصى للخدمة.

ويعتبر مجال حصاد التمور أحد أهم المجالات التي يجب تطوير آلات تساعد على تقليل التكاليف، حيث أوضح Ibrahim وآخرون (٢٠٠٧م) أن حصاد التمر يمثل حوالي ٤٥٪ من تكلفة الإنتاج الكلية، وهذه التكلفة العالية سبب من أسباب التوجه نحو ميكنة حصاد التمر، حيث أن الطابع الفريد لشجرة النخيل، يتطلب عمالة مكثفة عند الحصاد. كما أن Ibrahim وآخرون (١٩٨٦م) أوضحوا أن عملية الحصاد هي العملية الأكثر تكلفة في منظومة إنتاج التمور ولا بد من ميكنتها.

ورغم أهمية الحصاد الميكانيكي للتمر، إلا أن عملية حصاد التمور مازالت تتم بصورة يدوية في العديد من الدول المنتجة للتمر، كما هو موضح في شكل (١)، مما ينتج عنه فواقد كثيرة تمثل هدراً اقتصادياً لا مبرر له. حيث تقدر تكلفة حصاد النخلة الواحدة يدوياً في المملكة العربية السعودية ما بين ٢٠ و ٣٠ ريال سعودي بناء على ارتفاع

النخلة وعدد الاشجار (العامري، ١٤٢٦هـ). ويتوقع أن يتجاوز عدد النخيل في المملكة العربية السعودية الثلاثين مليون نخلة، والذي قد يؤدي إلى تكلفة سنوية للحصاد تقدر بين ٦٠٠ و ٩٠٠ مليون ريال سنويا.



شكل (١): الطريقة التقليدية في حصاد التمور.

أن عدم إنتشار تقنيات الحصاد الآلي للتمور بين المزارعين يرجع إلى عوامل عديدة يمكن تحديدها في:

- عدم تعرف المزارعين على تلك النوعية من المعدات.
- صعوبة تحرك الآلة بين النخيل.
- تعقيدات في التشغيل والتي تتطلب مهارة خاصة.
- عدم وجود العدد الكافي من المعدات القابلة للتشغيل في موسم الحصاد.

عموما تتطلب رعاية النخلة المنتجة عدداً من العمليات مثل التلقيح، والخف، (سواء من المحصول أو العذوق)، التكميم، التشييف وجني الثمرة (خراف أو صرام). ويعتمد القيام بالعمليات اللازمة لإنتاج وجني التمر على العمالة، حيث يقوم العامل بتسلق النخلة سواء بواسطة الحزام (الكر) أو بدونه مما جعلها مهنة صعبة وخطرة، وقد تؤدي في بعض الأحيان إلى ترك التمر (المحصول) نظراً لعدم وجود من يقوم بحصاده أو ارتفاع تكلفة العمالة، مما يجعل حصاده غير مجد اقتصادياً. ويعد الاهتمام بعمليات جني وحصاد

التمور من العوامل الأساسية في تخفيض فواقد الثمار وتوفير الكثير من النفقات خاصة في عمليات الفرز والغسيل إضافة إلى الحد من احتمالات إصابة الثمار بالتسوس والذي يعتبر من المعضلات الأساسية في قطاع تصنيع التمور بالمملكة العربية السعودية.

والمزارع السعودي يزداد عليه الطلب ويرتفع سعره في موسم حصاد التمور، حيث يصل الأجر اليومي للمزارع البارع في صرام تمور النخيل إلى ٢٠٠ ريال في اليوم الواحد، بينما لا يصل أجره في غير هذا الموسم إلى ٨٠ ريال، وذلك يرجع لخبرة العامل السعودي وندرته. ويوجد في المملكة أكثر من ٤٠٠ صنف من النخيل تنتشر في مختلف المناطق الزراعية، وتتميز كل منطقة بأصناف معينة، ويعد النخيل المحصول الأول بين محاصيل الفاكهة في المملكة من حيث المساحة والأهمية في البنيان الاقتصادي والزراعي^١.

والعمالة الأجنبية بدأت تحكم سيطرتها في موسم حصاد التمر وتفرض شروطا لا يرى المستثمرون السعوديون فيها أي عوائد ربحية تستحق العناء، ولا يوجد مزارعون سعوديون بالعدد الكافي، فمعظم الذين يحصدون ثمار الموسم أجنب، ورفعوا أجرتهم الموسمية بمقدار ١٥٠٪ لأن آلية قطف الثمرة تتطلب دراية واسعة وخبرة جيدة لتلافي الإضرار بالمحصول^٢.

ومن ناحية أخرى يري إسماعيل (بدون تاريخ) أن الحجم الأمثل لمزرعة التمور هو ٣٣٦ نخلة (تنتج حوالي ٢٥ طنا من التمور سنويا). ومتوسط تكاليف إنتاج الطن من التمور تختلف وفقا لعوامل عديدة (١٣٥٥ ريال على مستوى المملكة - ١٨٤٢ ريال للسكري في القصيم). ويرى الجنوبي (١٩٩٩م) أنه يجب أن تتوفر في آلة خدمة النخيل التوازن، وسهولة الحركة، والسلامة في الاستخدام، والتكلفة المنخفضة، كما أشار Al-Janobi (٢٠٠١م) إلى أن كل آلات خدمة النخيل المتوفرة حاليا تنظر فقط إلى رفع العامل إلى أعلى النخلة لتنفيذ العمليات المطلوبة وأن المشاكل المرتبطة بمثل تلك النوعيات من آلات خدمة النخيل مرتبطة بعامل الأمان، والسرعة، والتكلفة، والكفاءة، لذا يجب البحث عن آلة متكاملة لخدمة وحصاد النخيل.

^١ <http://www.aawsat.com/details.asp?section=٤٣&article=٤٤٠٨٦١&issueno=١٠٥٤٤>

^٢ <http://www.alaswaq.net/articles/١٦٧٠٧/٢١/٠٦/٢٠٠٨.html>

ومن التوصيات العامة التي جاءت في اللقاء العلمي الحادي عشر للتمور وتطوير طرق الاستفادة منها في مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية عام (٢٠٠٥م) الاهتمام بميكنة إنتاج النخيل.

إن محاولات ميكنة العمليات المتصلة بالنخلة يجب أن تكون قادرة على خدمة النخلة كما هي دون الحاجة إلى أي تعديل على الحقل التي به النخيل من حيث الكثافة، أو الأنواع ، وشبكة الري ، وأنماط المحاصيل. وأي آلية مقترحة للحصاد يجب أن تكون مناسبة للتشغيل، فضلا عن معايير السلامة ، من الناحية العملية والمتانة (Thwainy and Akyurt، ١٩٨٨م، Thwainy وآخرون، ١٩٩٣م).

يتضح أنه لتطوير عملية حصاد النخيل آليا فلا بد من إيجاد طرق جديدة لتحسين الكفاءة. ومن أحد هذه الطرق هو استخدام تكنولوجيا المعلومات التي تتطور باستمرار والمتاحة في صورة برامج حاسوبية ، طرق تحكم آلية، آليات أكثر ذكاء، ...الخ. كل هذه التكنولوجيات تعمل على توفير منظومات زراعية أكثر دقة مقارنة بالآلات التقليدية ، وكان من نتائجها ظهور الزراعة الدقيقة التي أظهرت فوائد جمة، لذا لا بد من المضي نحو جديد جيل من المعدات الزراعية من السهل تطويرها لتنفيذ المهام بشكل صحيح في المكان المناسب وفي الوقت المناسب (Blackmore وآخرون، ٢٠٠٥م) . وإن العمل على تطوير الزراعة التي أصبحت صناعة مؤثرة في الدخل القومي يستلزم أنواع عديدة من الآليات لتعزيز الإنتاج (Blackmore وآخرون، ٢٠٠٧م). فالروبوت يعتبر بديلا محتملا للعمال اليدوية في عمليات الحصاد للخضروات والفواكه (Feng وآخرون، ٢٠٠٨م) ولأتمتة عملية الحصاد، يجب أن يستطيع الروبوت محاكاة الإنسان في العمل (Hayashi وآخرون ، ٢٠٠٢م) .

وأوضح Olawale وآخرون (٢٠٠٧م) أن الذراع الآلية أصبح شائع في عالم الروبوتات. وعلى الرغم من التقدم التكنولوجي الكبير في الوقت الحاضر إلا أن الكثير من التحديات العلمية لتنفيذ عمليات الحصاد بالكامل للمحاصيل الزراعية بالروبوت لا تزال قائمة، بسبب تعقد خصائص المحاصيل وتشابكها عند حالات النضج، وتتطلب هذه حلول من المهتمين (Niemueller and Widyaharma ، ٢٠٠٣م) .

ومن ناحية أخرى، أوضح Grift (٢٠٠٧م) أنه بالنسبة للزراعة، فهناك دوافع لاستخدام الربوط في العمليات المختلفة لتقليل الأيدي العاملة، ولتحسين جودة المنتج، وحل مشكلة الحصاد الموسمي للمحاصيل.

الربوط ما هو إلا آلة يمكن برمجتها للقيام بعدة مهام، ففي مجال الزراعة يمكن نقل النباتات وزراعتها ورشها وتقليمها وجني محصولها (Edan وآخرون، ١٩٩٤م) ورغم ذلك يبقى مجال الزراعة محدوداً في استخدام الربوط إذا ما قورن بالتطبيقات الصناعية له، بسبب أن الربوط يتحرك في مجال ثلاثي الأبعاد وتغيير المسارات والتواجد العشوائي للثمرة، وتفاوت حجمها، وشكلها، ولونها، ونسيجها، وتماسكها، وتباين الظروف البيئية. لذا ينبغي على الباحثين في مجال الهندسة الزراعية وغيرها من البحث عن تفاعل الوسائل الزراعية القديمة والحديثة من الربوط للعمل على ملائمتها لظروف التشغيل. وأحد أهم المداخل نحو تحقيق هذا الهدف هو تكنولوجيا المعلومات (IT) في تطوير هذه الوسائل من خلال تطوير برمجيات، دوائر تحكم، نظم تشغيل، تصميم معدات، مع الأخذ في الاعتبار أن تصميم ربوط للعمل في مجال الزراعة مهمة شاقة وعسيرة، حيث يجب الأخذ في الحسبان العديد من المعطيات والمحددات. مع ملاحظة أن تطوير الزراعة واستخدام أنواع متميزة من الآلات الزراعية هو أحد الأهداف المهمة لتعزيز الإنتاج.

ونجد أن الحصاد الآلي للحمضيات يوفر حوالي ٢٥ % Juste وآخرون (١٩٩١م) أو ٣٠ % Levi وآخرون (١٩٨٨م) أو ٣٣ % Whitaker وآخرون (١٩٨٧م) من مجموع تكاليف الإنتاج. لذا يعتبر واحد من أسباب استخدام النظم الآلية للحصاد، وهناك أسباب أخرى مثل تحسين نوعية الفواكه التي من شأنها أن تجعل المنتج أكثر قدرة على المنافسة في الأسواق.

ومن ناحية أخرى، نجد أن عمليات جني وحصاد التمور مازالت تتم في الغالب بصورة يدوية في المملكة العربية السعودية، ولعديد من الدول المنتجة للتمور، مما يؤدي إلى فواقد كبيرة تمثل هدراً اقتصادياً لا مبرر له. لذا نجد أن هناك تطوير لمنظومات حصاد التمور المعتمدة على وسائل الرفع الميكانيكية والمعتمدة أيضاً على وسائل الرفع الهيدروليكية، وذلك بغية الوصول للتشغيل الأمثل لتلك الأنظمة. إلا أن مجال تقدم الإلكترونيات والبرمجة والحاسب الآلي ساعد على دخول الربوطات عامة في عمليات

الإنتاج الزراعية. حيث الأتمتة هي واحدة من أهم الأسباب في تحسين كفاءة المخرجات الزراعية. والتكنولوجيات الحديثة التي يتم إحداثها من جانب المهتمين يمهد الطريق لنشر استخدامات الربوطات في الإنتاج الزراعي بشكل مكثف وواسع النطاق.

الفصل الثاني

أهداف المشروع

الهدف الرئيس لهذا المشروع هو تطبيق تقنية الربوط مع تقنية الرفع الهيدروليكية للوصول للتمور على النخيل، واستخدام تلك التوليفة في إجراء عملية حصاد التمور. ونظرا لعدم توافر مرجعيات سابقة في مجال استخدام الربوطات في حصاد وانتقاء التمور من على النخيل فقد قسم العمل في المشروع على مجموعة من المراحل هي:

- تحليل البيانات الأساسية للشكل الخارجي لعذق النخلة وأبعاده وإيجاد العلاقات الأساسية لاختيار نصف قطر التشغيل المناسب للذراع الآلي.
 - اختيار نوع الربوط الملائم لظروف نمو النخيل والعذوق من التجارب التمهيديّة.
 - اختيار معدة الرفع الهيدروليكية وكيفية الاستفادة من أوضاع عذوق التمر على النخيل في إجراء عمليات التوجيه المناسبة.
 - تركيب الربوط على معدة الرفع الهيدروليكية.
- وتركزت الأهداف الثانوية خلال مراحل العمل على الآتي:

١. تنفيذ قياسات حقلية للشكل الخارجي لعذق النخلة وأبعاده وإيجاد العلاقات الأساسية.
٢. دراسة أنماط مختلفة من الأذرع الآلية لاختيار المناسب منها.
٣. إعداد معدة رفع الذراع الآلي للوصول للتمور على النخلة.
٤. تركيب الذراع الآلي على معدة الرفع وإجراء تجارب حقلية تمهيدية.
٥. الاستفادة من التجارب التمهيديّة لتعزيز عملية قطع التمر آليا من العذوق.
٦. الوصول بالتفاعل ما بين معدة الرفع والذراع الآلي لوضع التشغيل الصناعي.
٧. تقييم الآلة النصف آلية لحصاد التمور المطورة حقليا.

الفصل الثالث

المسح الأدبي

٣-١ طرق التعامل مع نخيل التمور لتنفيذ العمليات المختلفة:

تتم عمليات حصاد التمور في أوقات مختلفة، بسبب التفاوت في عملية نضج الثمار، شكل (٢) Akyurt وآخرون (٢٠٠٢م). ولأهمية عمليات ميكنة خدمة النخلة، فقد طور Abdalla وآخرون (١٩٨٦م) رافعة لخدمة مزارع النخيل. وقام Awady وآخرون (١٩٩٨م) بتصميم آلة مبتكرة لتلقيح النخيل مكونة من مقطورة يدوية التحريك وآلية رفع عبارة عن ثلاثة أنابيب تتداخل مع بعضها ، وأيضا قام Awady وآخرون (٢٠٠٣م) بتصميم آلة ذاتية الحركة لتلقيح وخدمة النخيل وتتكون من إطار ومحرك ومجموعة نقل حركة من المحرك إلى العجلة الخلفية للآلة.



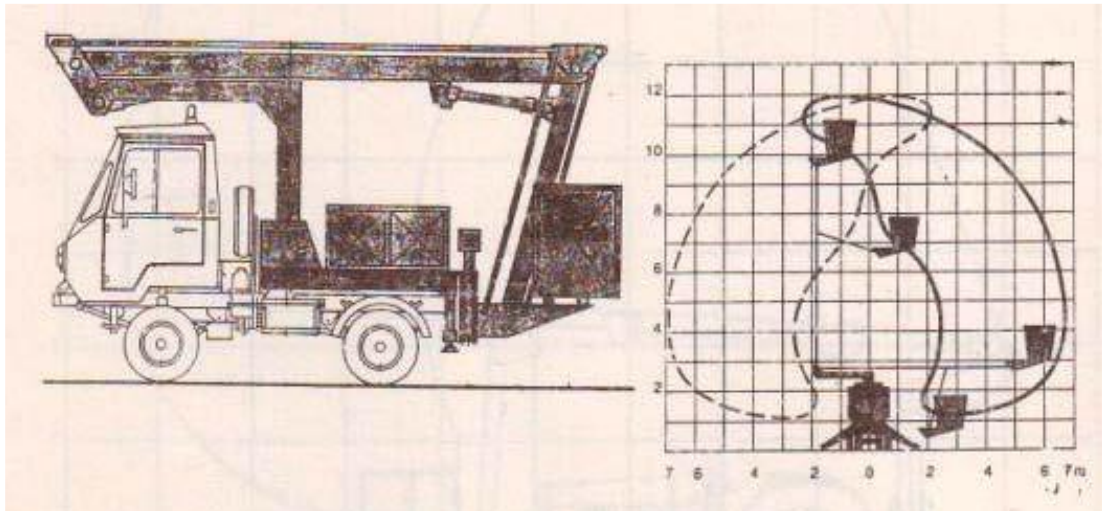
شكل (٢) : مراحل نضج التمور.
Kader and Hussein (٢٠٠٩م).

كما قام Yehia (٢٠٠٣م) بدراسة المتغيرات التي تؤثر في أداء آلة مدفوعة لتلقيح وخدمة النخيل، ويمكنها أن تكافح الآفات، والتقليم ووجد أنها يمكنها من خدمة ٣٣ نخلة في الساعة عند إجراء التلقيح وكفاءتها الحقلية ٧٦,٨٪، كما قام Yehia (٢٠٠٥م) بتطوير آلة مدفوعة لتلقيح وخدمة النخيل، ويمكن أن تكافح الآفات والتقليم وهي تعمل حتى ارتفاعات حتى ١٤ متر. أما Eliwa وآخرون (٢٠٠٣م) فقد طوروا رافعة مقطورة عبارة عن شاسية محمول على أربع عجلات يمكن بواسطتها رفع أجهزة التلقيح للنخيل

حتى ١٣ متر ويتم الرفع هيدروليكيًا بواسطة مضخة تعمل يدويًا لسهولة التشغيل. كما قام العوضي وآخرون (٢٠٠٣ a) بتطوير وتصميم آلة متنقلة تستخدم في تلقيح وخدمة النخيل ويمكن أن تتعامل مع ٢٠ نخلة كل ساعة لغرض التلقيح ومكونة من آلية رفع تلسكوبية تعطي ارتفاع يصل لحوالي ١٤ متر يتم تشغيلها يدويًا.

كما قام العوضي وآخرون (٢٠٠٣ c) بتطوير وتصميم آلة ذاتية الحركة لتلقيح وخدمة النخيل، كما قام Abdel Hady (١٩٩٥ م) بتقييم بعض نظم تسلق النخلة المستوردة والمصنعة محليًا وقد قام باختيار هذه النظم لتناسب مواصفات أشجار النخيل في مصر، وكانت النظم هي النظام اليدوي ونظام الرافعة ونظام السلم القابل للاستطالة ورافعة هيدروليكية وطوق التسلق.

ولأهمية عمليات خدمة النخيل فقد طورت تقنيات باستخدام النظم الخبيرة كدراسة العوضي وآخرون (٢٠٠٣ b م) لدراسة أفضلية نظم معدات خدمة النخيل، كما طورت تقنيات باستخدام المنطق المشوش كدراسة مثل Mazlouzadeh وآخرون (٢٠٠٨ م) لتقييم رافعات حصاد التمور. وطور Ibrahim (١٩٨٨ م) رافعة هيدروليكية للتعامل مع نخلة التمر، شكل (٣).



شكل (٣): طريقة هيدروليكية للتعامل مع نخلة التمر.

Ibrahim (١٩٨٨ م)

٢-٣ طرق حصاد التمور:

رغم أهمية الحصاد الميكانيكي للتمر إلا أن عملية حصاد التمور مازالت تتم بصورة يدوية في العديد من الدول المنتجة للتمر، كما هو موضح في شكل (٤)، مما يؤدي إلى فواقد كبيرة تمثل هدراً اقتصادياً لا مبرر له.



شكل (٤): الطريقة التقليدية لحصاد التمور.

Abounajmi (٢٠٠٤م)

من خصائص شجرة النخيل أنها تدخل مرحلة الإنتاج الكامل بعد حوالي ٨-١٠ سنوات من زراعتها، والتمور تكون على الأشجار المؤنثة ويمكن أن تصل لارتفاع حتى ٣٠ متر وأن نخلة التمر تحمل عادة من ١٠-١٥ عذق عليه الثمار ولو تم خفها فيكون هناك حوالي من ٦-٧ عذوق على النخلة الواحدة كل عذق يحمل مئات الثمار بوزن من ١٠-١٥ كجم (Abounajmi ، ٢٠٠٤م). وأن عمليات الحصاد والتلقيح والتقليم هي العمليات التي تكلف كثيرا عند خدمة النخيل وتستهلك حوالي ٨٠٪ من إجمالي تكاليف الإنتاج بحسب Sarig وآخرون (١٩٨٩م) . وتكمن أحد مشاكل جمع التمر في تفاوت درجة النضج، حيث أن الجمع اليدوي للتمر من على عذوق منتقاة أمر مكلف للغاية Loghavi and Abounajmi (٢٠٠١م) ومستنزف للوقت ويحتاج لعمالة مدربة تتقاضى أجور عالية.

واستعرض Abounajmi (٢٠٠٤م) طرق الحصاد الميكانيكية للتمر وأوضح أن هناك وسيلتان للحصاد، الطريقة التقليدية والطريقة الميكانيكية. في الطريقة التقليدية العامل يصعد إلى النخلة مع حزام الأمان من حوله وعندما يصل إلى أفرع الثمار يبدأ في قطعها ثم إنزالها إلى الأرض وتهز الأفرع باليد أو تهز بأي وسيلة لفصل التمر عن الأفرع وفي بعض الأحيان يقوم العامل بعملية الهز أعلى الشجرة ومن ثم تجمع الثمار على قطعة كبيرة من القماش تحت النخيل. في هذه الحالة يوجد الكثير من الثمار التالفة، ويؤدي إلى سوء نوعية التمر من خلال التلوث بالتراب والكائنات الحية الدقيقة. وهذه الطريقة ممكن أن تجعل العامل أن يظل على قمة الشجرة لفترة طويلة ، مما يعرضه للخطر. أما أساليب الحصاد الميكانيكية تختلف فيما بينها ما بين عدة نظم لرفع العمال إلى التمر أعلى النخلة وقطع الأفرع التي تحمل الثمار وغالبا هذه المنظومة عبارة عن معدة مجهزة بذراع الطويلة في نهايتها سلة أو ما شابه حتى يتمكن العامل من أن يقف فيها لجني ثمار. وعيب أجهزة الحصاد الميكانيكية هو أنها ليست انتقائية ، مما يؤدي إلى مزج الثمار الناضجة وغير الناضجة.

كما أشار Awady (١٩٩٢م) أن النظام البدائي في تسلق أشجار النخيل يشمل عملية حفر في جسم النخلة لاستخدامه في عملية التسلق ومن عيوبه تقليل عمر النخلة، أما النظام النصف آلي للتسلق فيشمل سلام خاصة يمكن تغيير الارتفاع وذات قاعدة عريضة لتحقيق الاتزان، أو طوق التسلق ومن عيوبه البطء الشديد، أما النظام الآلي للتسلق فيشمل روافع مفصلية أو روافع تلسكوبية أو روافع ذات أذرع ثابتة الطول.

وهناك دراسات قامت بتحليل لعملية حصاد التمر يدويا، كالدراسة التي قام بها Hamam (٢٠٠٣م) ، حيث أوضح أن هناك نمطين شائعين لتسلق أشجار النخيل لخدمته، النمط الأول يضع فيه العامل الحزام بمنطقة الوسط، أما النمط الثاني فيضع العامل الحزام في منطقة الكتف وأن أنسب نمط هو الأول.

وقد قام العديد من الباحثين بإجراء بعض المحاولات لتطوير وتسهيل آلية صعود العامل إلى أعلى النخلة، حيث تم استخدام السلاسل لتسهيل عملية الصعود خاصة مع العمالة غير المدربة. ومن ثم تم استخدام الروافع الهيدروليكية كما في شكل (٥).



شكل (٥): تطوير الرافعات الهيدروليكية في حصاد التمور.

<http://www.eingedi.dead-sea.k12.il/EinGedi/datepalm.htm>

قام Al-Suhaibani وآخرون (١٩٩١، ١٩٩٠، ١٩٨٨، ١٩٩٢، ١٩٩٣ م) بوضع مواصفات التصميم لآلة خدمة محصول النخيل وإجراء الاختبارات الحقلية لها، هذه الآلة تمكن عمليات النخيل، وذلك بإمكانية رفع العامل آلياً إلى الارتفاع المطلوب لأداء العملية، ولتصميم الآلة تم دراسة عدة عوامل متداخلة وجمع معلومات كثيرة والقيام بتحليلها والتنبؤ بأداء الآلة تحت الظروف الزراعية التي تعتبر في منتهى الصعوبة، وتم إجراء مسح على عدد من حقول النخيل في المملكة العربية السعودية لتصميم وبناء نموذج لآلة خدمة محصول النخيل واختبارها. وقد توصلت الدراسة إلى تحديد بعض العوامل أو المتطلبات الأساسية التي يجب أن تتوفر في الآلة المصممة. حيث شملت المعلومات التي تم جمعها المسافة بين النخيل، ارتفاع النخلة، سمكها، المسافة بين العذوق، طبوغرافية الأرض. وبعد تحليل المعلومات التي تم جمعها تم تحديد أبعاد الآلة. تم تصميم الآلة لتستمد جميع أجزاء الآلة طاقتها من المجموعة الهيدروليكية المشغلة بمحرك ديزل قدرته ٥٢ كيلوواط مركب في مؤخرة الآلة، شكل (٦). ويتم التحكم بالتشغيل السليم للآلة بواسطة صندوق تحكم مركب خلف مقعد القيادة فوق صمام التحكم بأذرع الاتزان. والوحدة موضوعة في صندوق من الزجاج، ويوجد في وسط الوحدة رسم يتكون من سلسلة من ٧٤ دائرة تعطي إشارات مختلفة وتستخدم الإشارات الداخلة للوحدة

من خلال المفاتيح الموجودة في أجزاء مختلفة من الآلة، والمحصلات الناتجة من الوحدة، لتشغيل الصمامات الهيدروليكية اللولبية والدوائر الكهربائية، والإشارات (المرئية والمسموعة). وتسمح وحدة التحكم للآلة بالعمل بشكل سليم. وقد تم اختبار الآلة في الحقل بعد تصميمها وتصنيعها وكان أداؤها مرضياً.



شكل (٦): آلة خدمة النخيل أثناء عملها بالحقل Al-Suhaibani (١٩٨٨م).

كما قام السحبياني وبابعير (١٤١٠هـ) بشرح لآلة خدمة وحصاد محصول النخيل وأهمية ذلك في حصاد النخيل.

وقام Fadel (٢٠٠٥م) بتطوير وتصنيع واختبار آلة لخدمة أشجار النخيل معلقة خلف جرار زراعي تقليدي ذو قدرة 80 حصان ، شكل (٧). تعتمد الآلة كلية في عملها على القدرة الهيدروليكية المتوفرة بالجرار الزراعي، كما يتم التحكم في الأداء بواسطة كهرباء الجرار ذات 12 فولت. واستخدام الجرار الزراعي التقليدي يزيد من عدد ساعات عمله السنوية ، مما يحسن من اقتصاديات التشغيل وكذلك فإن هناك توفير كبير في تكلفة تصنيع الآلة حيث لا تحتاج لمصدر قدرة جديد وتستطيع الآلة حمل العامل وأدواته التي يحتاجها في العمل على منصة الخدمة إلى ارتفاع يصل إلى 4.5 متر وتزود منصة الخدمة بونش هيدروليكي يتم التحكم به كهربائياً لتنزيل الثمار إلى الأرض في سلة

بلاستيكية. ولحماية كل من العامل والشجرة من أي إخفاق في أداء الآلة أو أخطاء المشغل فقد تم الاهتمام بتوفير وسائل تأمينهما أثناء التصميم مقارنة بالوسيلة التقليدية لتسلق النخيل والتي يعتمد فيها العامل على التعلق بالشجرة بواسطة قطعة من الحبل فإن النظام المقدم يوفر للعامل بيئة مريحة وآمنة للعمل. وقد تم اختبار الآلة حقليا وتمت مقارنة النتائج بمعدلات الأداء التقليدية. ونجد أن ارتفاع النخلة يعتمد على الصنف والمنطقة.



شكل (٧): آلة لخدمة أشجار النخيل معلقة على خلفية جرار زراعي تعتمد الآلة كليا في عملها على القدرة الهيدروليكية المتوفرة بالجرار الزراعي Fadel (٢٠٠٥م).

وعموما أوضح Brown (١٩٨٢م) منذ عشرات السنين والعمال يستخدموا سلاسل ممتدة لتسلق النخيل المنتج لحصاده، ونجد أن هناك استقصاءات عديدة ارتبطت بنخلة التمر منذ عام ١٩٦٤ م كما في دراسات عديدة منها Perkins and Brown (١٩٦٤)، Sarig ، وآخرون (١٩٧١م) ، Sarig (١٩٨٩م) ، Loghavi and Abounajmi (٢٠٠١م) و Abounajmi and Loghavi (٢٠٠٣م) وأحد طرق حصاد التمور في كاليفورنيا موضحة في شكل (٨).



شكل (٨) : أحد طرق حصاد التمور في كاليفورنيا.

Kader and Hussein (٢٠٠٩ م).

أوضحا Mazlounzadeh and Shamsi (٢٠٠٧م) أنه ليست هناك طريقة ميكانيكية متاحة تغطي جميع الاحتياجات عند حصاد التمور، والوسائل الميكانيكية وآلات الحصاد حتى الآن في بلدان متقدمة مثل الولايات المتحدة خفضت تكاليف الحصاد بنسبة ٥٠٪. كما ذكرا بأن لتصميم آلة حصاد للنخيل يجب أن تكون ذات سمات مثل مدي مسافة الرفع حتى ١٠ متر وحمولتها حوالي ١١٠٠-١٣٠٠٠ كجم وسرعة التسلق حوالي 0.41 متر/ث وعرض الآلة أقل من ٢ متر وارتفاعها في حدود 2.5 متر والتحرك الجانبي في حدود ١ متر .

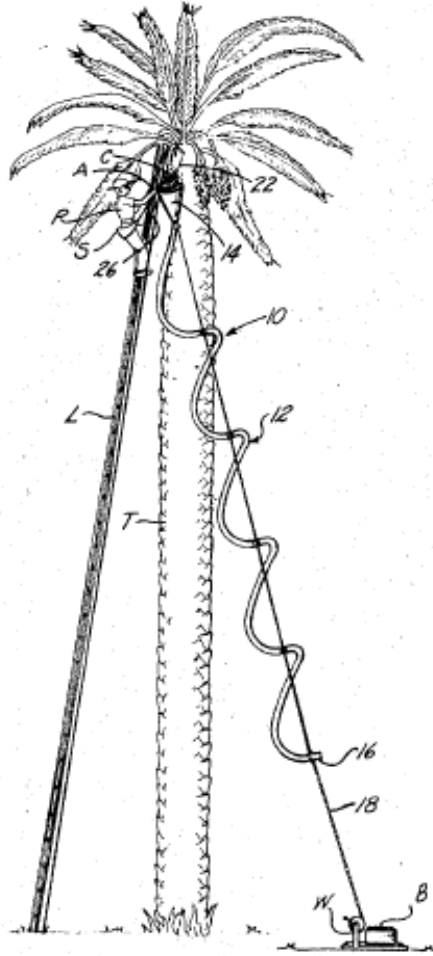
وجرى تصميم آلة تسلق للنخلة يتم التحكم فيها بالكامل بواسطة Shamsi (١٩٩٨م) ، هذه الآلة يمكنها من إجراء عملية الحصاد وعمليات خدمة النخلة مثل التلقيح ، الآلة خفيفة ذات أربع إطارات دافعة مطاطية تمكنها من التحرك بين النخيل دون الحاجة لمصدر قدرة خارجي، ومن مميزات الآلة أن حجمها وتكلفتها أقل لأنها تعتمد على جذع النخلة كوسيلة لدعم الآلة أن تتسلق النخلة ويمكن التحكم فيها والعامل على

الأرض، وأوضحت النتائج أن كفاءة الشد حوالي ٩٠٪ وانزلاق العجلات في حدود ١٠-١٥٪ وأن الآلة تستهلك 1.4 كيلوات كقدرة تشغيل ووزنها ١٥٠ كجم وتستطيع أن تحمل ١٠٠ كجم من التمور وسرعة التسلق للنخلة حوالي 0.27 متر/ث والكفاءة الحقلية لها ٧٥٪ ويمكنها إنجاز حصاد النخلة في ٢٢ دقيقة وهذا أسرع بمقدار ١٨ مرة للحصاد اليدوي في إيران وأسرع بمقدار ٦ مرات للمنظومات الحصاد الآلية بالمملكة العربية السعودية .

أما في جامعة الملك عبد العزيز بالمملكة العربية السعودية <http://www.kau.edu.sa> فقد تم إجراء مسح للعديد من الأبحاث لمعرفة مدى استعمال الميكنة في العمليات الخاصة بنخيل التمر مع التركيز بشكل خاص على عمليات الحصاد ، ووجدنا أن معظم مزارع النخيل في المملكة لا تتماثل في المسافة بين الأشجار، وفي الشكل أو في المحصول أو في نظام الري أو في متطلبات استخدام الماكينات الثقيلة المستعملة في العمليات التاجية الخاصة بأشجار النخيل .

ومن ثم فإنه أصبح من المؤكد أن نجاح ميكنة العمليات الزراعية في أشجار النخيل في المملكة العربية السعودية يتطلب الأخذ بين الاعتبار وكأمر أساسي نقطتين هامتين أن الميكنة لا بد وأن تخدم الوضع الراهن أي البساتين كما هي بحالتها الراهنة بدون أي تعديل في تعداد الأشجار أو كثافتها أو أصنافها أو شبكة الري أو أسلوب الزراعة . ولا بد وأن تكون الماكينة رخيصة الثمن وأن تبقى التكاليف في حدود قدرة المزارع الصغير .

ولقد تم اقتراح ودراسة عدة نظم للمساعدة في الوصول إلى قمة النخلة القيام بالعمليات اللازمة Thwainy (١٩٩٣م) ، وأحد تلك التصميمات يتمثل في ذراع هيدروليكي متعدد المراحل مركب على نصف مقطورة وأن منصة الخدمة للتصميم مثبتة عند رأس النخلة، وقد تم اختيار طريقة لتثبيتها بحيث لا تسبب ضررا للشجرة وفي ذات الوقت تكون مثبتة بإحكام خلال الخدمة. ونجد أن هناك اختراعات لسهولة توصيل التمور من أعلى النخلة إلى الأرض ، حيث تتفاوت الطرق، كما بالأشكال (٩، ١٠).



شكل (٩): وسيلة لتسلق النخلة ومن ثم سير لنقل التمور إلى الأرض.

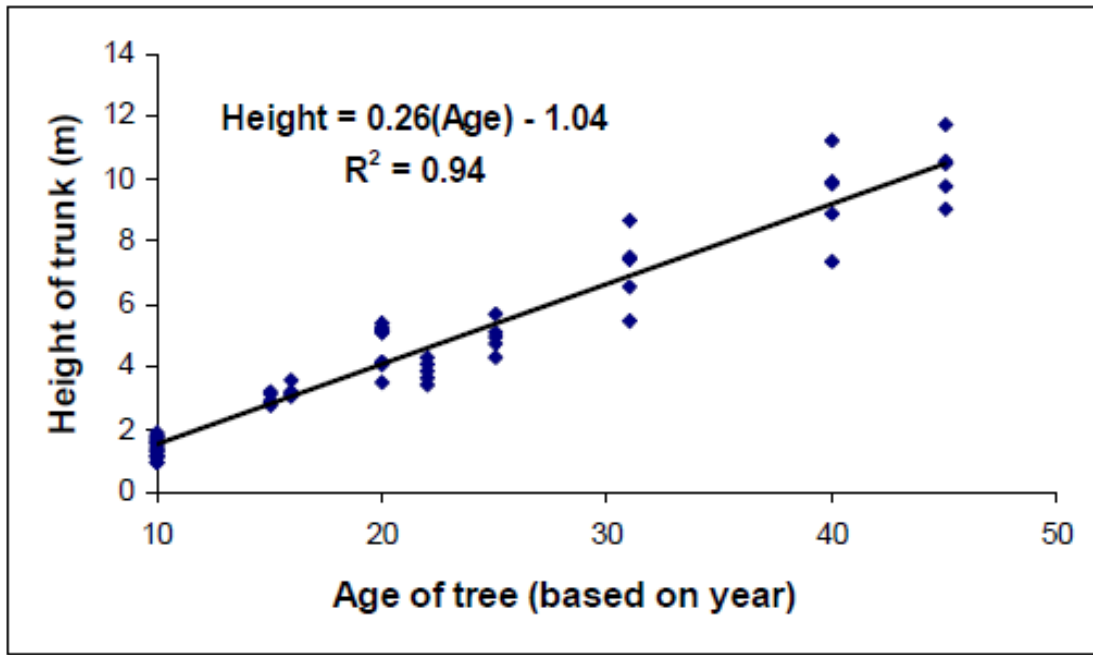
<http://www.freepatentsonline.com/3684072.pdf>



شكل (١٠): يتم حصاد التمور يدويا في سلة ومن ثم إنزالها إلى الأرض.

Kader and Hussein (٢٠٠٩ م).

ونظراً لأهمية جذع النخلة في التصميمات الهندسية المستقبلية فقد قام Jahromi وآخرون (٢٠٠٨م) بدراسة أهم الخصائص الهندسية لجذع شجرة النخيل، حيث يمكن استخدام جذع النخلة في تصميم آلية يتم توصيلها بجذع النخيل وتستخدمه كأداة دعم للوصول إلى التمر وحصاده ، وهذه الخصائص شملت اختبارات قوة المرونة وقوة الضغط واختبارات الصلابة الرأسية والموازية على جذع شجرة النخيل باستخدام آلة الشد Instron في حين أن اختبار قوة التأثير باستخدام Amsler. وكانت هذه الاختبارات مفيدة لتصميم آلية تسلق نخيل أو إنسان آلي يتم توصيله بجذع شجرة النخيل وتخدمها كأداة دعم. وأخيراً يمكن الاستفادة من أسلوب الزراعة الدقيقة المعتمد على تكنولوجيا المعلومات في وضع خريطة لإنتاجية النخلة ومن ثم إجراء عملية الحصاد بسهولة (Blackmore, no date). وهناك علاقة بين عمر النخلة وارتفاع الجذع، شكل (١١).



شكل (١١): علاقة بين عمر النخلة وارتفاع الجذع

(Jahromi وآخرون ،٢٠٠٧م).

٣-٣ الربوط واستخداماته في الزراعة:

٣-٣-١ الربوط:

الربوط آلة ويبدو وكأنه كائن بشري معقد ويقوم بتنفيذ أعمال مختلفة (كما المشي أو الكلام) للإنسان. ولكن آلة خيالية تفنقر للقدرة على العواطف البشرية وهو جهاز ينفذ تلقائيا في كثير من الأحيان مهام معقدة وتكرارها. إن الربوط ماكينة يمكن توجيهها بسهولة لتنفيذ مهام متنوعة من دون تدخل الإنسان، حيث تثبت في وضع معلق أو على الأرض وتقوم بالنقاط الأشياء وتحريكها. وعند استخدام الربوط تظهر مجموعة من المسائل هي (معلا، ٢٠٠٨).

- تخطيط الوضعيات. من الضروري مطابقة منطقة خدمة الربوط مع فضاء العمل الذي تنفذ فيه العملية التكنولوجية، بشكل تتم فيه إمكانية إيصال الأداة العاملة أو الغرض إلى وضعية مطلوبة مع التوجه الضروري ضمن فضاء العمل.

- تخطيط الحركات. يلزم اختيار مسار حركة الغرض أو الأداة العاملة، هنا ليس فقط مسار الحركة، وإنما قوانين تغير السرعات والتسارعات أيضا يجب أن توافق من جهة أولى متطلبات العملية التكنولوجية، ومن جهة ثانية إمكانيات الربوط.

- تخطيط القوى والعزوم. يجب أن تكون متطلبات العملية التكنولوجية متوافقة مع إمكانيات الربوط في تشكيل القوى والعزوم الضرورية في النقاط المختلفة من فضاء العمل.

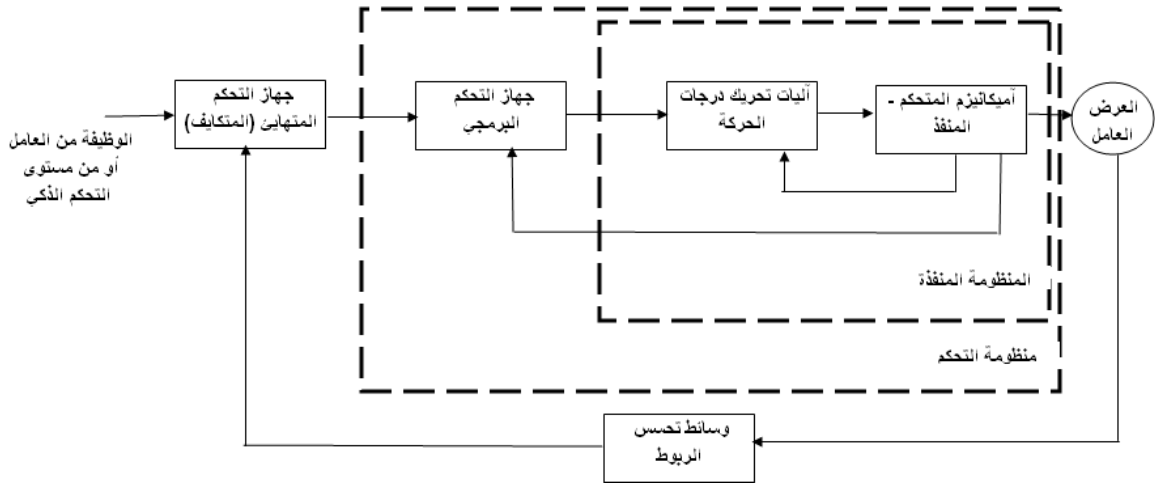
- تحليل الدقة الديناميكية. دقة الحركة تعتمد على السرعات والتسارعات الناشئة. عموما عند استخدام الربوط تنحصر المسألة باختيار وضعية وتوجه الربوط في فضاء العمل، كما ، وبتزويده بدرجات حرية إضافية أيضا. بعد ذلك، باحتساب الإمكانيات الحقيقية والقيود للربوط تتشكل برامج محددة لعمله.

- مطابقة المميزات الكينماتيكية والديناميكية للربوط. تتلخص المشكلة التي تعترض المستخدم غالبا، بأن مميزات الربوط مع الدقة المطلوبة للحسابات، كقاعدة، غير محددة. لذا يلزم لكل ربوط صناعي حل مسألة المطابقة لأن الانحرافات الذاتية لمميزات الربوط يمكن أن تكون جوهرية عند مكابفته مع العملية التكنولوجية التي تتطلب دقة عالية.

٣-٢-٢ الوصف الوظيفي للمنظومة التقنية للربوط:

يعبر شكل (١٢) عن المخطط الوظيفي لمنظومة التحكم بالربوط، حيث يتكون الربوط غالبا من الأجزاء الرئيسة الآتية:

- المعالج الميكانيكي Manipulator.
- مصدر الطاقة.
- جهاز التحكم.



شكل (١٢): المخطط الوظيفي لمنظومة التحكم بالربوط (معا، ٢٠٠٨).

مصدر الطاقة للربوط إما منظومات هيدروليكية، أو كهربية، أو بواسطة الهواء المضغوط. فالمعالج الميكانيكي أو الذراع هو مجموعة الأطراف والمفاصل الميكانيكية التي تتحرك باتجاهات مختلفة للقيام بالعملية المطلوبة والمؤثر النهائي End Effector فيمثل الحلقة الأخيرة من المعالج ويمثل كف يد الإنسان. إن أكثر أجزاء الربوط وضوحا هي ذراعه التي تصمم تبعا لأغراض عديدة، ويكون لتصميم الذراع ونوعية محركات السوق المستخدمة في تشغيلها أهمية كبيرة في تقرير تحديد مقدار القدرة والسرعة للذراع. وعند استخدام تعبير المحاور axes في علم الربوطات فإن ذلك يشير إلى عدد الطرق المستقلة التي يستطيع أن يتبعها الربوط عند تحريكه وتدعى هذه المحاور بدرجات الحرية Degrees of Freedom . وإن الأطراف الفعلية للربوط هي الماسكة Gripper وتعتبر تخصصية وقد يتضمن تصميم الماسكات بعض المرونة وكل ماسكة مصممة لغرض خاص وهناك أنواع عديدة من الماسكات. ويتميز الذراع الذي يدار كهربائيا بسهولة

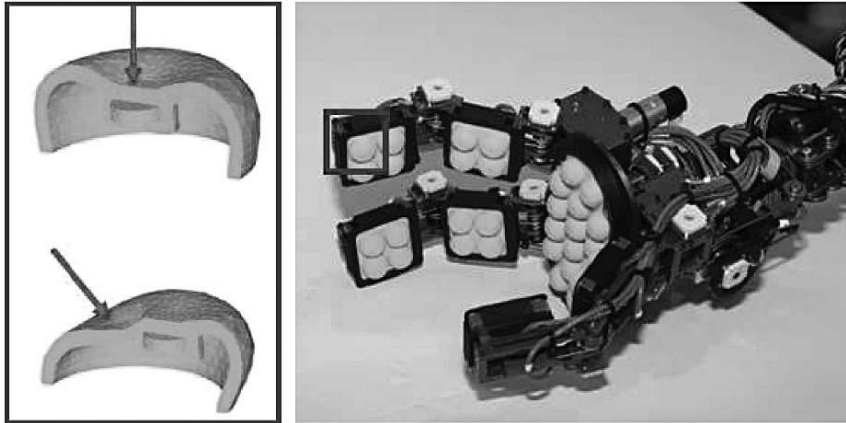
الاستخدام نسبيا ويكون ذا دقة عالية بالإضافة إلى الدور الذي تقوم به المحركات الكهربائية في تقليص الحجم الكلي. وتقسّم المحركات الكهربائية المستخدمة إلى:

- محركات التيار المستمر.
- محركات الخطوة Step.
- محركات التيار المتردد.

ومحرك الخطوة يضمن الحصول على دقة كافية دون استعمال التغذية العكسية Feed Back مما يجعله أسهل الأنواع من حيث قابلية السيطرة وأن مقدار الدوران الزاوي هو حاصل ضرب زاوية الخطوة في عدد النبضات، لكن مشاكل محرك الخطوة تكمن في طاقته المنخفضة نسبيا وسرعته المحدودة وتذبذبه حول نقطة الاستقرار.

١-٢-٣-٣ المعالج الميكانيكي (الحركي) The Manipulator:

العنصر القاعدي للربوط يعتبر المعالج الحركي - الميكانيزم الذي يمتلك عدة درجات حركة والمخصص لتحريك وتوضيع الأغراض في فضاء العمل. وتنتهي البنية متعددة الحلقات للمعالج الحركي بالملقط القابل للاستبدال - الأداة المخصصة لالتقاط الأغراض ذات الشكل المحدد. بدلا من الملقط في نهاية البنية يمكن تثبيت أداة قابلة للاستبدال (مقص، مفك، مثقب، ... الخ)، شكل (١٣)، شكل (١٤)، وشكل (١٥).

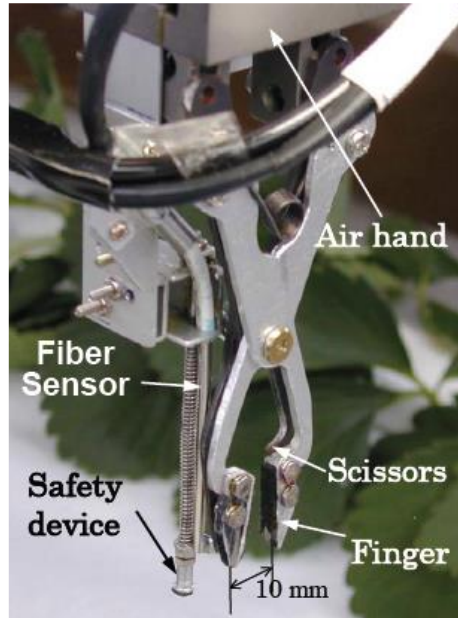


شكل (١٣): أحد أشكال الملقط للربوط.



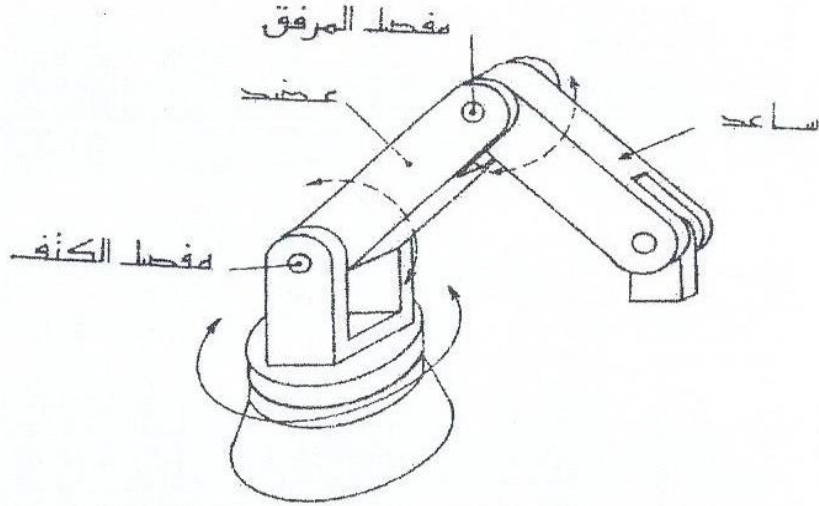
شكل (١٤): أحد أشكال الملقط للربوط أثناء حصاد الباذنجان.

(Hayashi وآخرون ، ٢٠٠٥م)



شكل (١٥): أحد أشكال الملقط للربوط أثناء حصاد الفراولة.

إن المعالج الميكانيكي هو الوحدة التي تقوم بالحركة الميكانيكية (الذراع) وهو يتكون من الموصلات والمحاور الميكانيكية التي بإمكانها أداء حركة منسقة مسيطر عليها وباتجاهات مختلفة. وهناك أنواع عديدة منها الذراع الممفصل Articulated Robot ويتكون من أجزاء صلبة ترتبط بعضها مع بعض بواسطة مفاصل دوران تجلس جميعها على قاعدة دوارة، كما في شكل (١٦).



شكل (١٦): معالج ميكانيكي مفصل.

والتشكيلة الأساسية الكيناميتكية Kinematical Configuration تشبه إلى حد كبير الذراع البشرية أما الماسكة فهي نظيرة اليد وترتبط بالساعد Forearm عن طريق الرسغ Wrist بينما يقوم مفصل المرفق Elbow joint بربط الساعد إلى العضد Upper arm ويربط مفصل الكتف Shoulder joint العضد إلى القاعدة . ويعتمد فضاء العمل كلية على موقع الذراع ومن مميزات الربوط الممفصل تحركه بسرعة وله مرونة ميكانيكية ممتازة مما يجعله صغير أو متوسط الحجم.

إن الغرض من المعالج الميكانيكي هو إنجاز الشغل ولغرض تحقيق هذا الهدف يربط مؤثر نهائي فيه ويكون على شكل ماسكة (ملقط) ويكون الذراع مسئولاً عن تحريك المؤثر النهائي إلى مواقع مبرمجة وتتم السيطرة على حركات المؤثر النهائي بواسطة برنامج الربوط وعند قيام الربوط بإيصال المؤثر النهائي إلى موقعه سيتم تنفيذ المهمة المعينة المبرمجة للمؤثر النهائي.

ويمكن تصنيف الأذرع حسب مسار الحركة ولا بد من إعداد خطة المسار. وإن تشخيص مهمة الذراع تكون بتحديد مجموعة نقاط متعاقبة يشار لها بنقاط نهاية end points وتخزن في حاسبة الربوط. ويقصد بعبارة تخطيط المسار trajectory planning إيجاد المسار أو المسلك الفعلي الذي يتبعه المؤثر النهائي للذراع .

في شكل (١٧) هناك ميزة للمعالج الحركي، فهو يمتلك وصلات مفصلة تستطيع الدوران حول المحاور الرئيسية الثلاثة X, Y, Z والتي تؤمن انتقال الملقط ضمن منطقة العمل. يعتبر عدد درجات الحرية الميزة الأهم للمعالج الحركي لأنه يحدد عدد درجات الحرية بملقط المعالج الحركي وكى يستطيع المعالج الحركي تحريك الجسم الصلب وتوضيع الملقط اتجاها بشكل حر في فضاء العمل يجب عليه امتلاك لا أقل من ست درجات حركية. جميع حلقات المعالج الحركي ترتبط فيما بينها بواسطة الوصلات التي تؤمن الانتقال المتبادل. المحركات التي تقود حركة الحلقات يمكن أن توضع في هذه الوصلات، أو تنقل القوى والعزوم الموافقة عبر ميكانيزمات نقل الحركة.

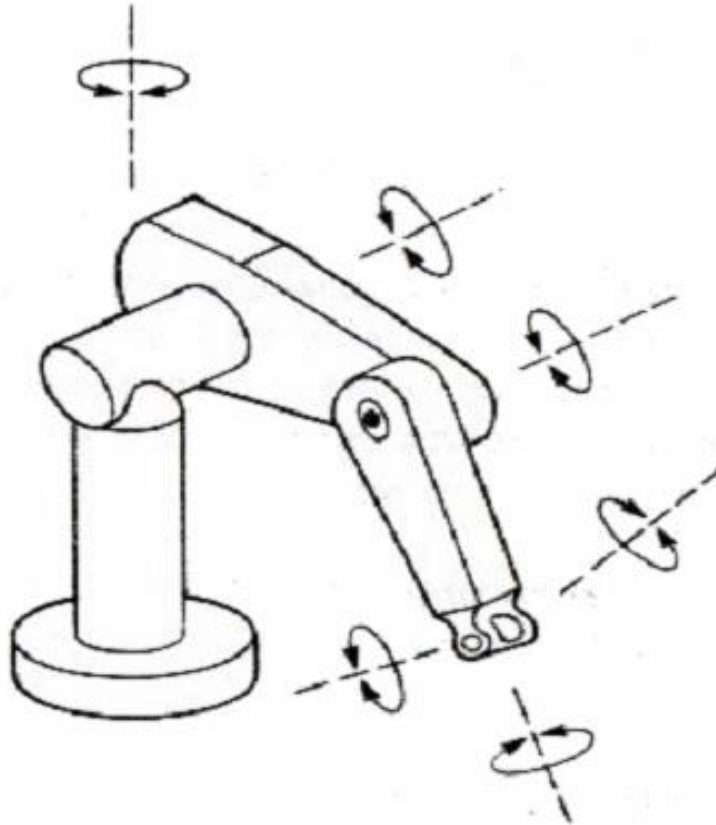


شكل (١٧): المعالج الحركي.

٣-٣-٢ آلية تحريك درجة الحرية:

تتأمن الحركة في كل مفصل ضمن المعالج الحركي بواسطة المحركات المختلفة- الكهربائية، الهيدروليكية أو النيوماتيكية، كما ذكر. ينفذ المحرك، عادة بشكل وحدة تضم، أيضا ميكانيزم نقل الحركة وحساسات الاتصال العكسي (معلا، ٢٠٠٨م) مثل المقاومات المتغيرة، محولات دوارة،... الخ والتي تعالج إشاراتها بواسطة المعالجات الصغيرة، وتمثل منظومة التحكم المكونة من هذه الأجهزة جهاز تحريك درجة الحرية للمعالج الحركي.

ويمكن تحقيق التحكم بجهاز التحريك عن طريق الاتصال العكسي، أو بدونه. تبعا لنوع جهاز التحريك المستخدم في درجات حركية المعالج الحركي يمكن تسمية نوع المعالج الحركي نفسه، أي يمكن أن يكون جهاز تحكم حركي كهروميكانيكي، كهروهيدروليكي وغيره. وتوجه إلى أجهزة تحريك المعالجات الحركية متطلبات عالية من ناحية الدقة، الوثوقية، مجال الضبط. عند ذلك يؤخذ في الحسبان أنها تعمل في ظروف يتغير فيها الحمل المطبق على محور المحرك في مجال واسع من جراء حركة الحلقات الأخرى للمعالج الحركي وتغير حملته (معلا، ٢٠٠٨م). ويوضح شكل (١٨) ذراع آلية تشغل بثلاثة محركات. وهناك تصميمات عديدة للأذرع الآلية، كما هو موضح في شكل (١٩).



شكل (١٨): ذراع آلية تشغل بثلاثة محركات (Selig, 1992).



شكل (١٩): تصميمات مختلفة من الأذرع الآلية.

٣-٢-٣-٣ المنظومة المنفذة:

يمكن دراسة المعالج الحركة كمنظومة تحكم مكونة من أجهزة التحريك التي تعمل على الحمل الميكانيكي العام-الميكانيزم المعالج حركيا. إن دخل هذه المنظومة يعتبر الإشارة متعددة المكونات الواردة من جهاز التحكم بالربوط، أما الخرج - فهو الانتقال المطلوب للمعالج الحركي ، وبالتالي، للملقط مع الحمل أو الأداة العاملة. تسمى هكذا منظومة بالمنظومة المنفذة للربوط المعالج حركيا (معلا، ٢٠٠٨م). ويتحدد نوع منظومة التحكم بالربوط حسب طريقة إعطاء الإشارات المتحكم إلى المنظومة المنفذة.

٣-٢-٤ منظومة التحكم بالمعالج الحركي:

تمتلك منظومة التحكم بالمعالج الحركي، كقاعدة، عدة مستويات يمكن لكل منها امتلاك منظومة المعالجة الصغيرة الخاصة به. وهكذا ، فعلى مستوى آلية التحريك يتأمن التحكم بالمحرك الذي يحقق حركة لواحدة أو أكثر من درجات الحرية. ويمكن إعطاء مسار الملقط بطريقتين: عن طريق الإعطاء المباشر من قبل الشخص- المشغل أثناء عملية التدريب ، أو بواسطة تخطيط الحركة على مستوى تحكم أعلى، وضمننا باستخدام طرق الذكاء الاصطناعي.

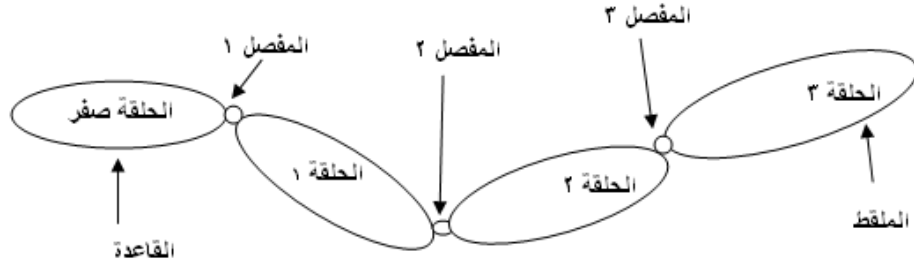
وعلى مستوى تخطيط الحركات يفترض أن هدف الحركة، ووصف العرض العامل معلومان. وينبغي على جهاز التحكم الذي يحل مسائل هذا المستوى تخطيط الحركة بطريقة يتم فيها وصول المعالج الحركي إلى الهدف انطلاقاً من الوضعية الأولية المطلوبة، وتنفيذ الشروط الإضافية الموضوعية على انتقاله. كمثال عدم دخول المعالج الحركي في تماس مع أي من الحواجز الموجودة في مسرح العمل. تعتبر هذه المسألة معقدة كثيراً إذا كانت هذه الحواجز (العقبات) كثيرة أو كان غرض العمل نفسه معقداً. في منظومات التحكم في الزمن الحقيقي (في الحالة العامة- الانتقال والتوجه اللحظي للملقط) يعطي المسار أثناء تنفيذ العملية.

إذا كان ذلك منوطاً بالشخص المشغل، فإن هكذا المنظومة تسمى نصف آلية أي أن الشخص يعطي حركة الملقط فقط دون اهتمام بحركة آليات تحريك المعالج الحركي التي يتم حساب إشارات التحكم بها من قبل جهاز التحكم. تستخدم المنظومات نصف الآلية بشكل واسع عند التحكم بالربوطات في الظروف الحدية، عندما يتواجد الشخص على مسافة ويعطي إشارات التحكم إما بمراقبة العملية مباشرة، وإما بواسطة شاشة مراقبة. في حالات كثيرة لا يمكن برمجة حركة الربوط بشكل كامل مسبقاً (مغلا، ٢٠٠٨م).

٣-٢-٥ العلاقات الكينماتيكية الأساسية للمعالج الحركي:

المعالج الحركي، هو المنظومة (الدائرة) الميكانيكية المفتوحة، المكونة من أجسام صلبة موصولة فيما بينها على التسلسل بواسطة مفاصل، أو تفرعات تلسكوبية. كل جسم صلب من مكونات المعالج الحركي يسمى حلقة. وإذا كان لدينا دائرة تمتلك نهايتين:

أحدهما تعتبر قاعدة، أما الأخرى فهي الملقط وترقم الحركات والمفاصل بدءاً من القاعدة (التي تعطى الرقم الصفري) وإلى الملقط، شكل (٢٠)، (معلا، ٢٠٠٨م).



شكل (٢٠): منظومة كينماتيكية المفتوحة.

يسمى المعالج الحركي ثلاثي الحلقات، إذا امتلك ثلاث حلقات حركية بعد تثبيته على الأرض مثلاً. في الحقيقة يكون للجهاز أربع حلقات في هذه الحالة، تعتبر إحداها (الصفريّة) قاعدة تخدم لتثبيت المعالج الحركي. هذه القاعدة على الأغلب ثابتة. من المعلوم أن الجسم الصلب الحر يمتلك ست درجات حرية أي أن وضعيته يمكن إعطاؤها بواسطة ستة بارامترات مستقلة u_1, u_2, \dots, u_6 وأن حلقات المعالج الحركي تشكل أزواجاً كينماتيكية من الفئة الخامسة. وإن الانتماء إلى الفئة الخامسة يعنى وضع خمسة شروط مستقلة على الحركة النسبية للحلقات المكونة للزوج الكينماتيكي، ويمكن تمثيل تلك الشروط بالشكل:

$$r_i(u_1, u_2, \dots, u_6) = 0, i=1, 2, \dots, 5$$

عندئذ يصبح عدد البارامترات المستقلة المحددة للوضعية النسبية للحلقات:

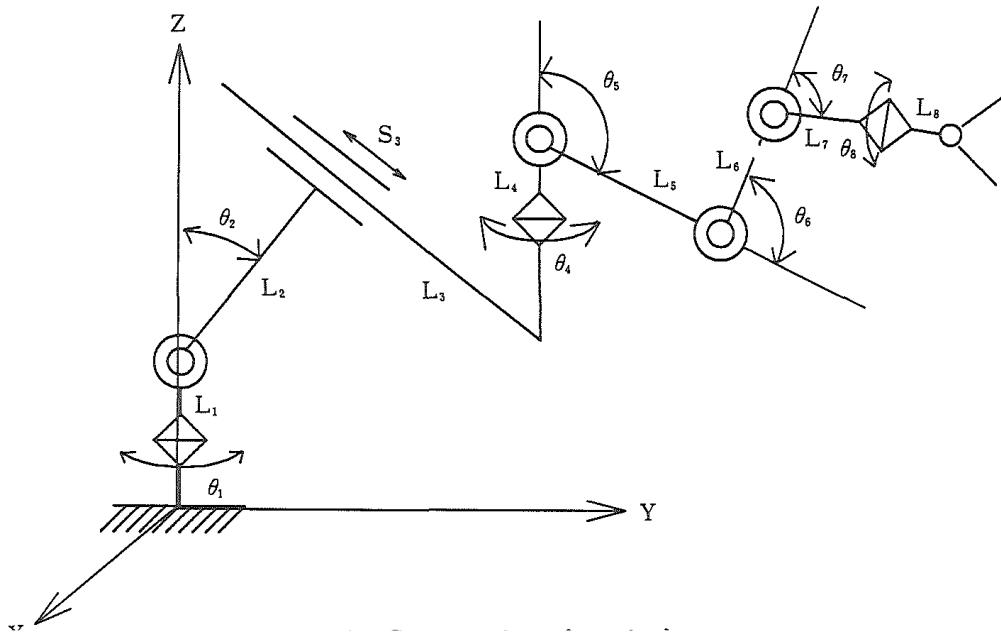
$$(6-5) = 1$$

يوجد مظهران للمفاصل التي تبقى درجة حرية واحدة في الحركة النسبية- وهي المفاصل الدورانية والتلسكوبية. بهذه الطريقة، من الطبيعي إعطاء وضعية حلقة واحدة بالنسبة لأخرى عن طريق زاوية الدوران النسبي للمفصل الدوراني وإنزياح نسبي للمفصل التلسكوبي. واضح أن مجموع هذه البارامترات، من جهة يحدد بشكل متطابق وحيد هيكلية المعالج الحركي، ومن جهة أخرى، يعتبر أصغرياً ومستقلاً، وبالتالي يمكن تسمية عناصره

بالإحداثيات المعممة للمعالج الحركي. بهذا الشكل، من أجل جهاز تحكم حركي من الدرجة N ، وذي أزواج كينماتيكية من الفئة الخامسة نسمي شعاع الإحداثيات المعممة q بالشعاع:

$$q=(q_1,q_2,\dots,q_N)^T$$

الذي يعتبر كل مكون منه إحداثية معممة ويمثل إما زاوية دوران وإما انتقالاً للحلقة (i-1) بالنسبة للحلقة (i). ويعتبر تحويل الإحداثيات واحدة من المشاكل الأساسية التي تظهر عند التحليل الكينماتيكي للمعالج الحركي. كيف سينتقل ملقط المعالج الحركي إذا كانت جميع حلقاته تتحرك بالتوافق مع قانون معين، وما هي السرعات اللازمة للحلقات لتأمين السرعة المطلوبة للملقط- وهذا يظهر غالباً عند إعداد نظم التحكم بالربوطات. ويوضح شكل (٢١) كيفية تحرك المعالج ذو المفاصل.



شكل (٢١): كيفية تحرك المعالج ذو المفاصل.

http://eprints.lib.okayama-u.ac.jp/776/1/074_0021_0027.pdf

إن الفكرة الأساسية لعملية التحكم في حركة الذراع هي السيطرة على تحريكه بالاتجاه الذي يقلل دالة ما للخطأ إلى حدها الأدنى وكمثال لدالة الخطأ هو:

$$E = \theta_d - \theta$$

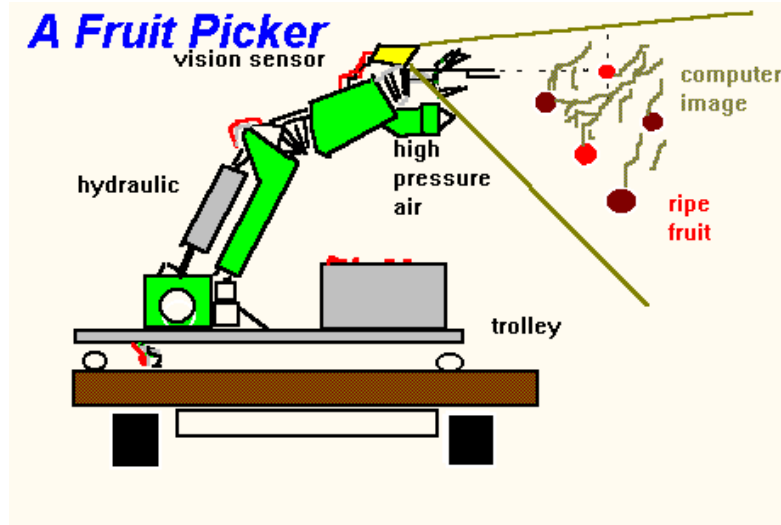
حيث θ_d الموقع الزاوي المطلوب و θ الموقع الفعلي للمفصل، فعندما يكون E صفر يكون المفصل في الموقع المطلوب وإن كان E سالب، فإن ذلك يعني أن المفصل قد تحرك أكثر من اللازم، وعليه أن يتراجع أي أن يتحرك بالاتجاه المعاكس، لذا فإن الحركة بالاتجاه الذي يجعل E صفراً تؤمن نوعاً من السيطرة.

بالإضافة إلى الاتجاه يهمننا أيضاً مقدار السوق Drive إذ لا يكفي أن نسأل في أي اتجاه يتوجب تحريك الحركة بل وكذلك ما هو العزم اللازمة والواجب تسليطها على المحرك. يحتوي مسيطر الربوط على برنامجين أساسيين هما برنامج السيطرة control program وبرنامج المستخدم user program يقوم برنامج السيطرة المجهز من قبل المصنع بالسيطرة على العمليات الأساسية لمنظومة الذراع أما برنامج المستخدم فيكتب من قبل المستخدم لتحقيق متطلبات التطبيق الخاصة به. ويتضمن تطوير برنامج منظومة ربوط أربع خطوات أساسية الأولى تتمثل بتحديد نوع الربوط المستخدم والثانية بتحديد مهمة الربوط أما الخطوة الثالثة فتتمثل بتحديد سلسلة الأحداث التي يجب أن يبني البرنامج على أساسها وتتضمن الخطوة الرابعة تحديد ظروف البرنامج. إن برنامج المستخدم يماثل إلى حد كبير برنامج حاسب اعتيادي يقوم البرنامج بتنفيذ سلسلة من الخطوات المنطقية التي تؤدي إلى القيام بعملية معينة.

٤-٣-٣ استخدامات الأذرع الآلية في الإنتاج الزراعي:

١-٤-٣-٣ الأساسيات:

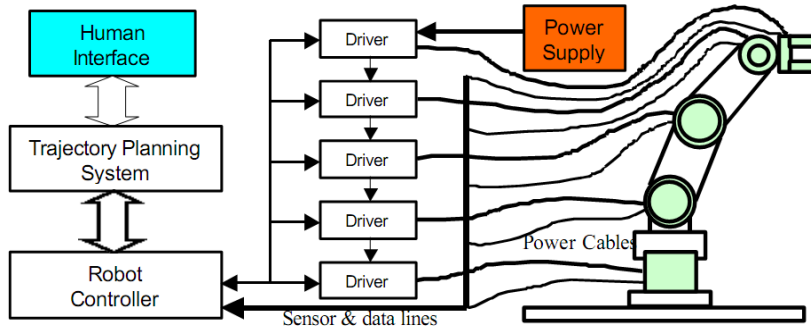
إن مبادئ استخدام الربوط في حصاد الفواكه بدأ منذ أوائل عام ١٩٨٠م. حيث فتحت هذه المبادئ نهج جديدة لحصاد المحاصيل. ومع ذلك ، لتطوير كامل حصاد الثمار بتكنولوجيا الربوط ، كان من خلال المساهمات الحاسوبية الفائقة. وهذه المبادئ اعتمدت في البداية، على اختيار الربوط للثمرة الناضجة دون الإضرار بفروع أو أوراق الشجرة. وحيث أن التنقل بين الثمار هو الأولوية ، لذا يجب أن تكون الربوطات قادرة على الوصول إلى جميع المناطق من الشجرة التي يتم حصادها. ويجب أن يكون الربوط ذكي، من خلال التفاعل بين الإنسان ومحيطه من خلال حواس اللمس والبصر، ومعالجة الصور. وتظهر أساسيات ربوط حاصد الفواكه في الرسم التخطيطي الموضح بشكل (٢٢).



شكل (٢٢): أساسيات ربوط حاصد الفواكه.

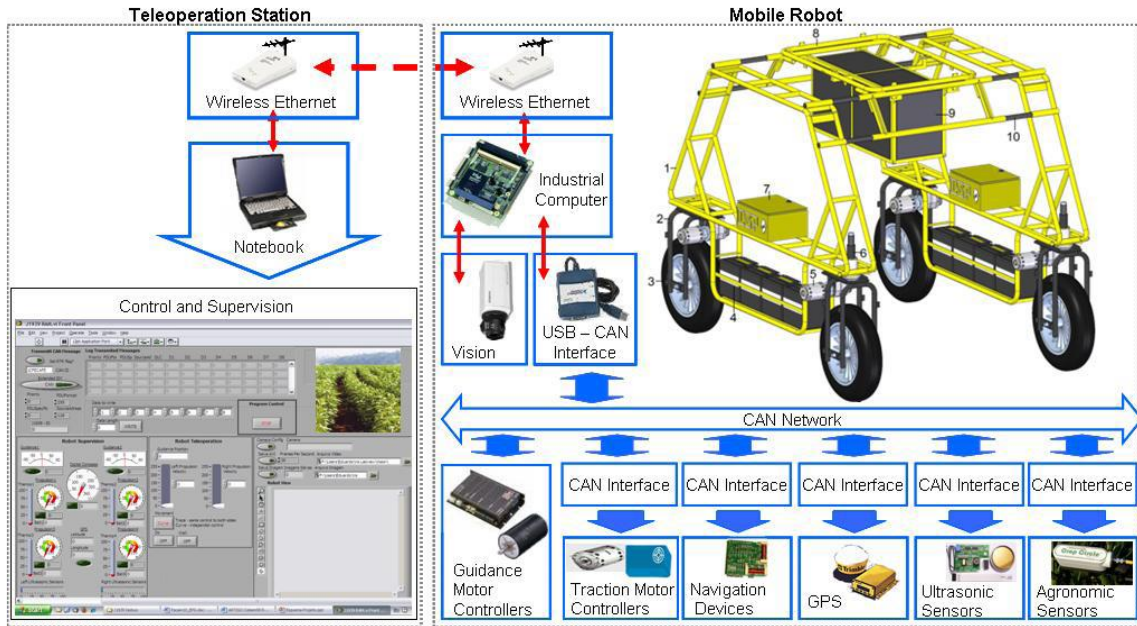
ويمكن للربوط التمييز بين الفاكهة ويترك الغير ناضجة من خلال التقاط صورة بكاميرا مثبتة على الربوط ، ومن خلال برامج يمكن مقارنة الألوان مع الخصائص المخزنة في الذاكرة. وإذا حصلت المقارنة على درجة جيدة، إن الربوط يقوم باختيار الثمرة. وإذا كانت الفواكه مخفية، يمكن بواسطة استخدام وسائل مساعدة على رؤية أكثر وضوحا والوصول للثمرة. والذراع الآلية تكون محاطة بالمطاط للحد من أي ضرر على

الشجرة. ويكون الربوط له ٥ درجات الحرية للسماح له بالتحرك، خارج ، أعلى والأسفل، وأنماط حركة كروية. ويتم إنجاز الحصاد من خلال عملية التغذية العكسية من آلية التحكم، وينبغي أن يصل الربوط إلى جميع المناطق على الشجرة. ويوضح شكل (٢٣) المكونات الأساسية للربوط يستخدم في عمليات زراعية متعددة Hirakawa وآخرون (٢٠٠٢م).

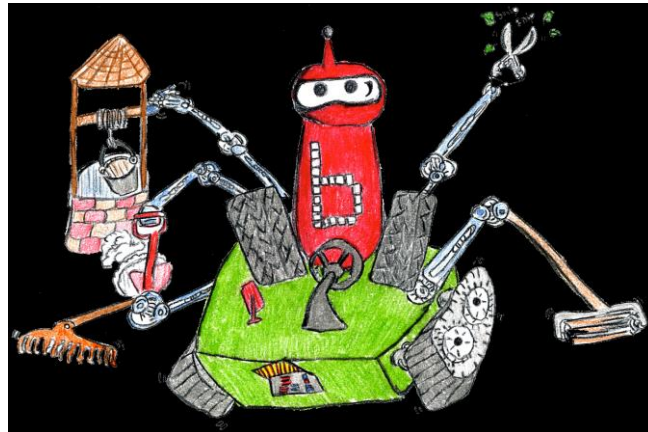


شكل (٢٣): المكونات الأساسية للربوط يستخدم في عمليات زراعية متعددة Hirakawa وآخرون (٢٠٠٢م).

وحديثًا ظهرت أنواع أخرى من الربوطات في المجال الزراعي، كما بشكل (٢٤) لتخدم فكرة الزراعة الدقيقة، والذي يمكن التحكم فيه بالكامل آلياً من خلال محطة عمل متصلة لاسلكياً بالربوط. ونجد أن الأجهزة الإلكترونية المتصلة بالآلات الزراعية زادت لدعم مهام جديدة تتعلق بالوسائل الزراعية مثل خدمة نائية ، ورسم الخرائط المساحية. والاتجاه الحالي في المجال الزراعي هو تطوير الإنسان الآلي المحمول والسيارات ذاتية الحكم. ويمكن لهذه الربوطات والمركبات أن تكون موجودة مع الآلات الزراعية للقيام بمهام محددة. وواحدة من التحديات الرئيسية في تصميم هذه الربوطات هو تطوير البنية الإلكترونية لدمج والسيطرة على العديد من الأجهزة المتصلة بالحركة ، والملاحة ، والحصول على البيانات والاتصالات (Godoy وآخرون ، ٢٠٠٩م). وقالوا وضع الزراعة مع الربوط معا ينتج AGROBOTS وهذا التصور موضح في شكل (٢٥).



شكل (٢٤): حديثا ظهرت أنواع من الروبوتات في المجال الزراعي، لتخدم فكرة الزراعة الدقيقة، والذي يمكن التحكم فيه بالكامل آليا من خلال محطة عمل.



شكل (٢٥): الزراعة مع الربوط معا ينتج AGROBOTS

http://exploring.external.lmco.com/Botball2007/National/Papers/papers/07_Paper_Ely-Ely-Cieslikowski_6.pdf

توجد استخدامات عديدة للأذرع الآلية في الإنتاج الزراعي، فعلى سبيل المثال يمكن استخدامه في حصاد الطماطم، كما بشكل (٢٦). يمكن للربوط حصاد العنب، حيث يمكن استخدام ربوط ذو ٥ درجات من الحرية وملقط مناسب لحصاد العنب، وجهاز استشعار بصري. وكان الربوط قادرا على حصاد عناقيد العنب (Monta وآخرون، بدون تاريخ)، شكل (٢٧). و حصاد الخيار بالربوط، شكل (٢٨). يمكن استخدام الربوط في حصاد الفراولة، شكل (٢٩). يمكن استخدام الربوط في حصاد الطماطم، شكل (٣٠). ويمكن استخدام الربوط في حصاد الفلفل، شكل (٣١).



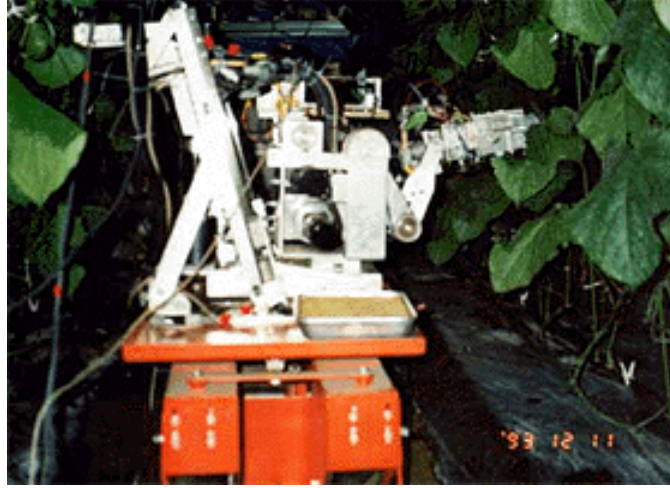
شكل (٢٦): يمكن استخدام الربوط في حصاد الطماطم.

www.csmonitor.com/.../robots-tend-the-tomatoes



شكل (٢٧): يمكن استخدام الربوط في حصاد العنب.

<http://mama.agr.okayama-u.ac.jp/lase/multi.html>



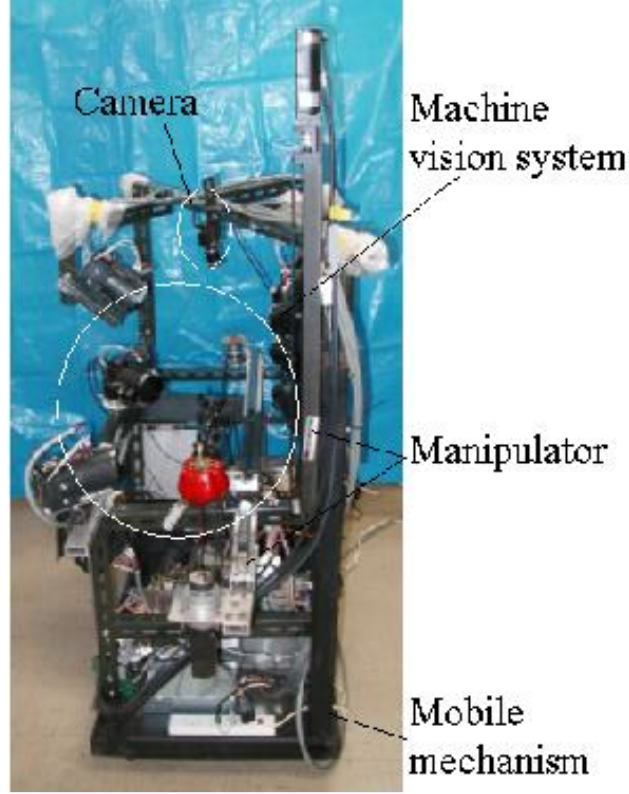
شكل (٢٨): يمكن استخدام الربوط في حصاد الخيار.
<http://mama.agr.okayama-u.ac.jp/lase/cucum.html>



شكل (٢٩): يمكن استخدام الربوط في حصاد الفراولة.
<http://mama.agr.okayama-u.ac.jp/lase/straw.html>



شكل (٣٠): يمكن استخدام الربوط في حصاد الطماطم.
<http://mama.agr.okayama-u.ac.jp/lase/tomato.html>



شكل (٣١) : ريوط لالتقاط الفلفل، Qiao وآخرون (٢٠٠٤م).

استعرض Burks (٢٠٠٦م) نظم الحصاد الآلية للبرنتقال والميكانيكية، ويوضح شكل (٣٢) أذراع آلية لحصاد البرنتقال، حيث اعتبرهم الباحث أنهم يتفوقوا على الحصاد الميكانيكي لكون الذراع الآلي مرن ويمكن تغيير وضعه. ويمكن استخدام الذراع الآلي في حصاد عيش الغراب، كما في شكل (٣٣)، حيث يمكن توجيه الذراع لالتقاط عيش الغراب بكفاءة عالية.

لحصاد الكرنب طور Murakami وآخرون (بدون تاريخ) ريوط ، شكل (٣٤). وفي الحقل كانت المسافة بين الصفوف ٦٠ سم والمسافة بين الكرنب داخل الصف الواحد ٤٠ سم، وأمكن للريوط التقاط وجمع ٤٦ كرنبة من أصل ٥١ كرنبة. ومن ناحية أخرى يمكن للذراع الآلي التقاط الفراولة، كما بشكل (٣٥)، حيث يمكن للذراع مسك الفراولة وعمل التواء للعنق وقطعه.



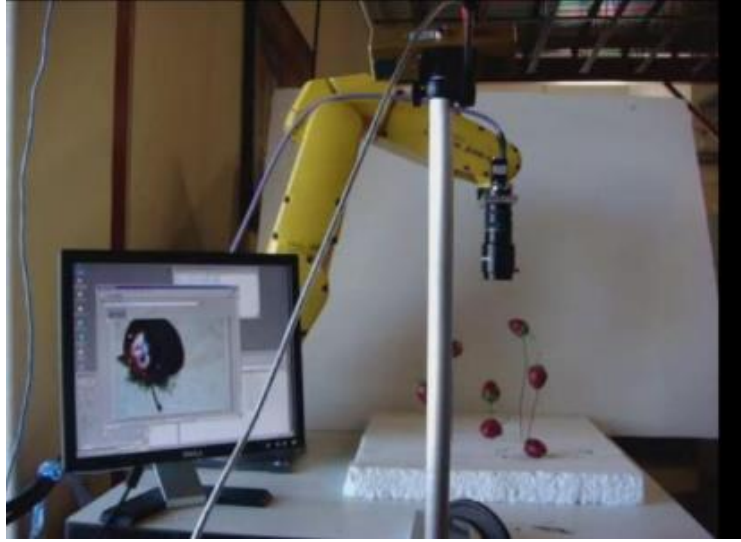
شكل (٣٢): أذرع آلية لحصاد البرتقال.



شكل (٣٣): استخدام الذراع الآلية في حصاد عيش الغراب
Reynolds (بدون تاريخ).

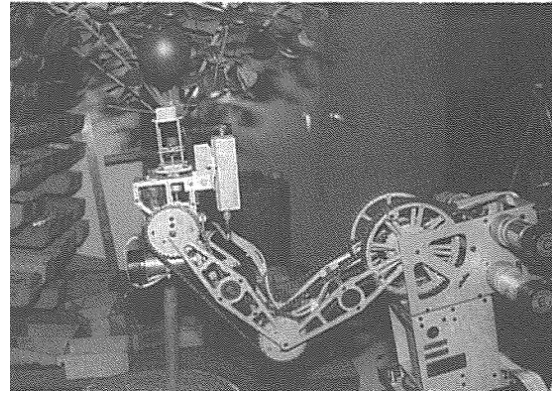
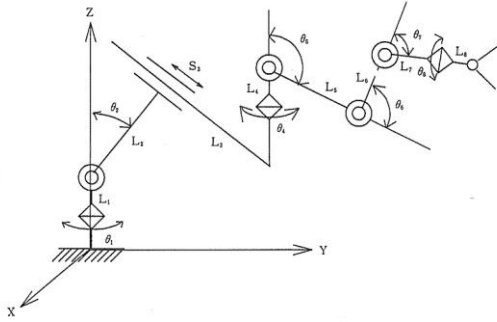


شكل (٣٤): حصاد الكرنب في الحقل باستخدام ربوط
Murakami وآخرون (بدون تاريخ).



شكل (٣٥) : يمكن للذراع الآلي التقاط الفراولة.

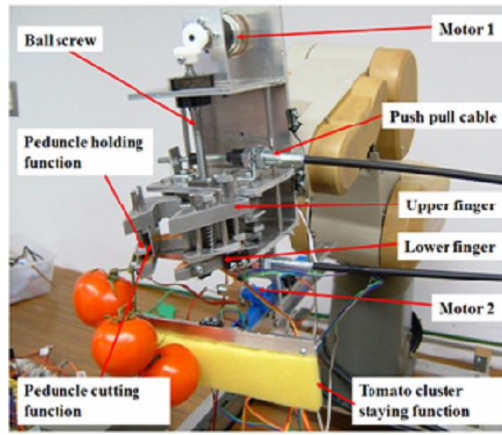
طور Nashi وآخرون (١٩٨٩م) ذراع آلي ذات ٨ حركات لحصاد الفاكهة، شكل (٣٦) وأمكن له تأدية المهمة بنجاح، وتجنب الاعتراضات بسبب وفرة الوصلات المتحركة. كما يمكن للذراع الآلية الموضحة في شكل (٣٧) أن تستخدم في التطبيقات الزراعية. وطور Kondo وآخرون (٢٠٠٨م) منظومة آلية لحصاد الطماطم ويوضح شكل (٣٨) صورة المؤثر النهائي للمنظومة، ويوضح شكل (٣٩) صورة حركة المؤثر النهائي لإلتقاط الطماطم بواسطة الذراع الآلية.



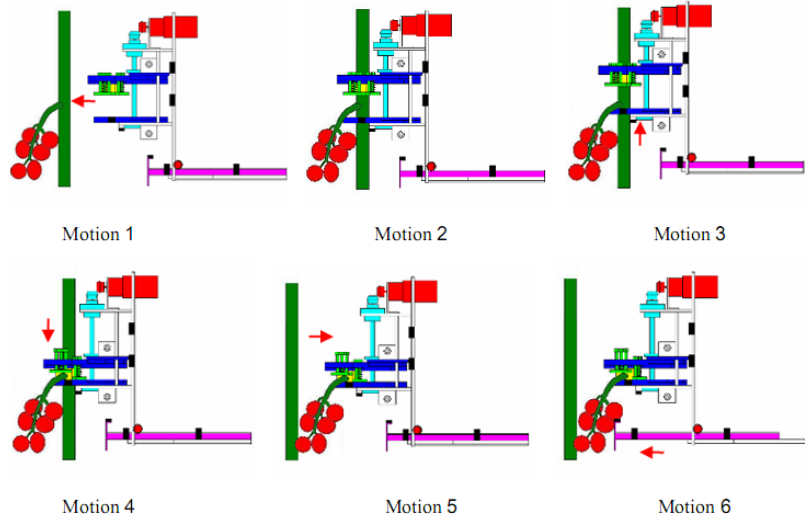
شكل (٣٦): ذراع آلي ذات ٨ حركات لحصاد الفاكهة، Nashi وآخرون (١٩٨٩م).



شكل (٣٧): ذراع آلي يمكن استخدامه في تطبيقات زراعية.

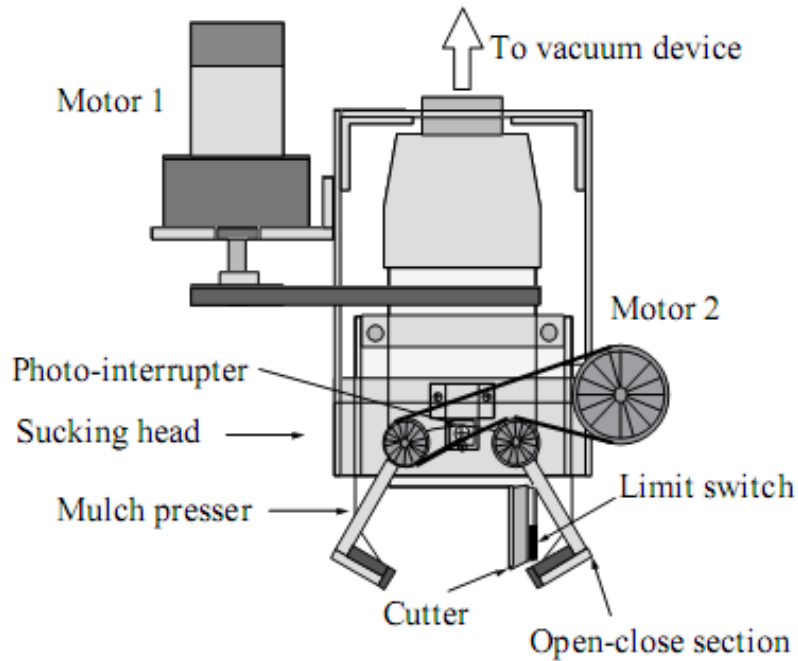


شكل (٣٨): صورة المؤثر النهائي لمنظومة آلية لحصاد الطماطم Kondo وآخرون (٢٠٠٨م).



شكل (٣٩): صورة حركة المؤثر النهائي لإلتقاط الطماطم باستخدام ذراع آلية Kondo وآخرون (٢٠٠٨م).

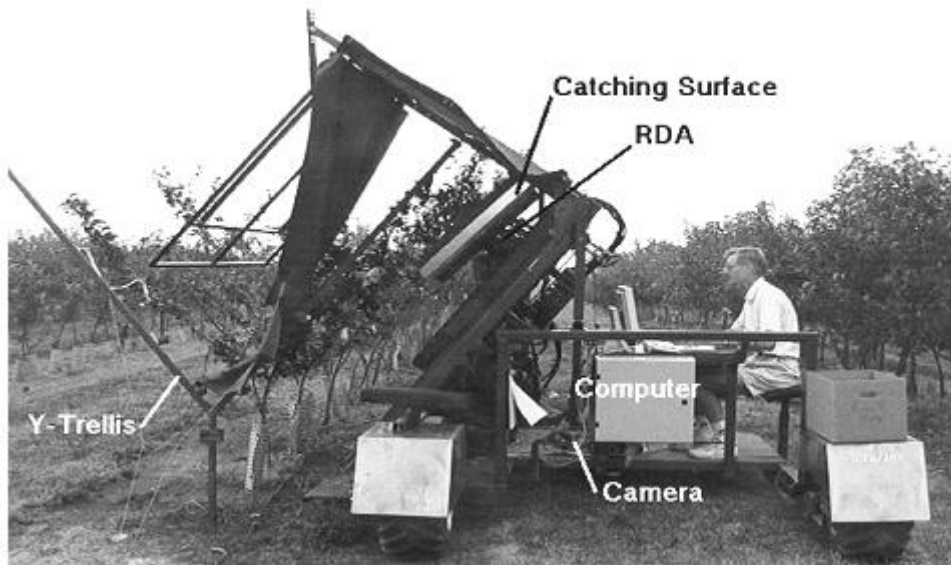
يمكن تطوير ربوطات لحصاد الفواكه الموجودة في عناقيد بسهولة وبسر، كما أوضح ذلك Tarrío وآخرون (٢٠٠٦م). كما أوضح Blackmore وآخرون (٢٠٠٤م) أن مفهوم سلوك Behavior الربوطات يشمل مفردات عديدة ويمكن وصفه بأساليب مختلفة مثل: سلوك تفاعلي Reactive behavior وهو سلوك ناتج مباشرة من خلال ازدواجية الحركة والتنفيذ سلوك طارئ emergent behavior وهو السلوك المطلوب أو غير ذلك متتالي مع التداخل في السلوك النشط التفاعلي مع البيئة. أما Kondo وآخرون (٢٠٠٥م) فأوضحوا أن هناك فرص كبيرة لاستخدام الربوطات في حصاد الفراولة المزروعة في مصاطب، كما يوضح ذلك شكلي (٤٠) و (٤١). أوضح Hannan وآخرون (٢٠٠٧م) أن هناك اهتماما كبيرا بأتمتة عمليات الحصاد والفاكهة وأهم عنصرين في مثل تلك التقنيات هما التعرف وفصل الثمار عن الأشجار. أوضح Peterson وآخرون (١٩٩٩م) أنه يمكن تنفيذ عمليات الحصاد الكلية للفتح باستخدام الربوط، كما هو موضح في شكل (٤٢).



شكل (٤٠): المؤثر النهائي لاستخدام الربوط في حصاد الفراولة المزروعة في مصاطب Kondo وآخرون (٢٠٠٥م)

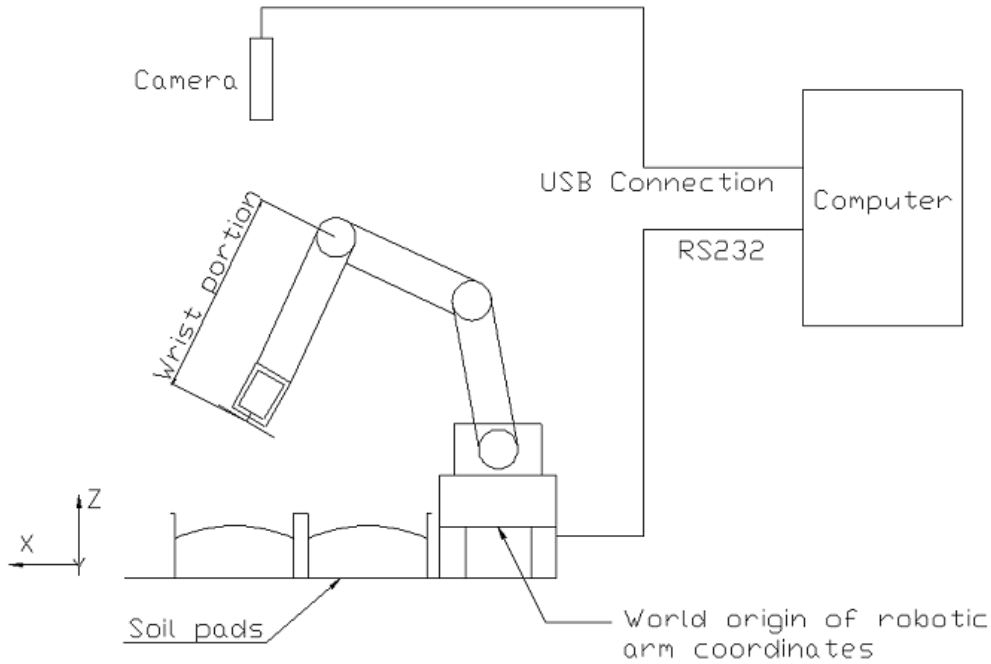


شكل (٤١) : استخدام الروبوت في حصاد الفراولة المزروعة في مصاطب Kondo وآخرون (٢٠٠٥م).

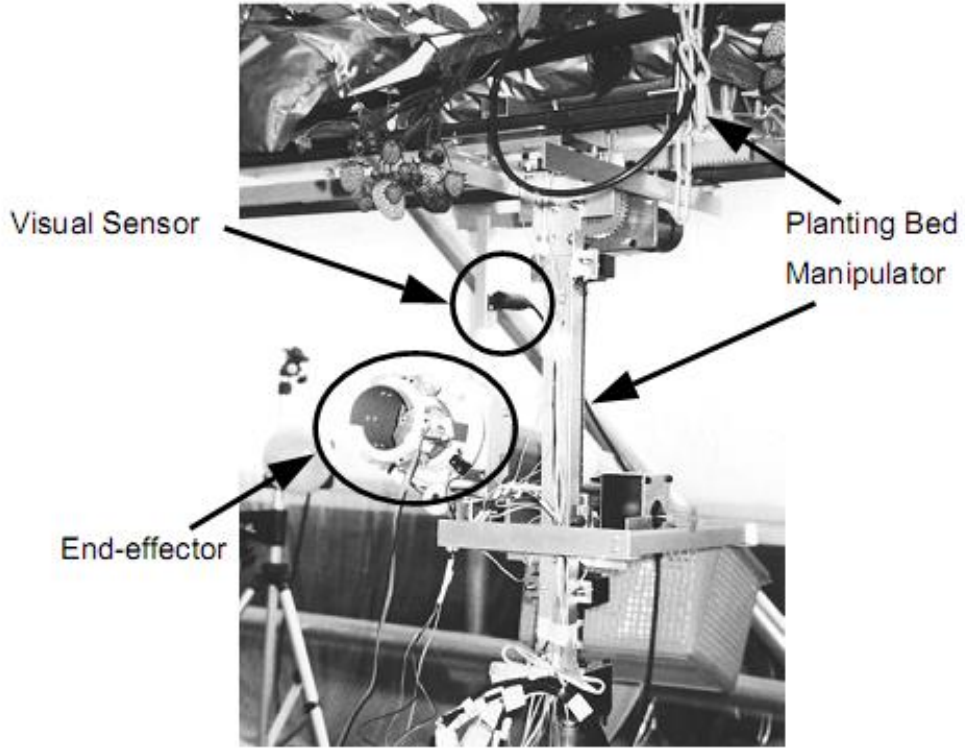


شكل (٤٢) : تنفيذ عمليات الحصاد الكلية للفتح باستخدام الروبوت Peterson وآخرون (١٩٩٩م).

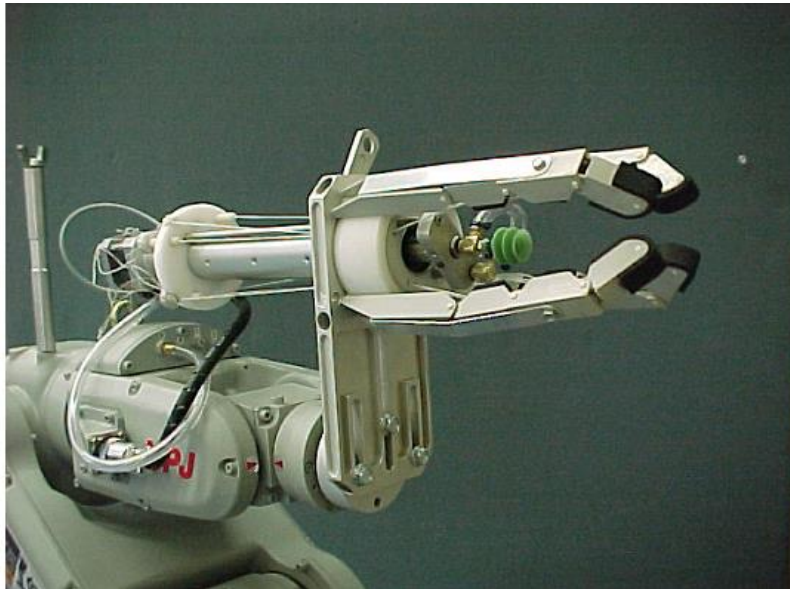
أوضح Jeon وآخرون (٢٠٠٥م) أنه يمكن تنفيذ عمليات مكافحة الحشائش باستخدام الروبوت، كما هو موضح في شكل (٤٣). أوضح Sivaraman and Burks (٢٠٠٦م) أن هناك دلائل محددة لتقييم الروبوتات التي تعمل في المجال الزراعي مثل حركة الروبوت robot manipulability و القدرة على الحركة في مجسم ناقص manipulability ellipsoid وتنوع الوضع posture diversity. كما أوضح Hirakawa وآخرون (٢٠٠٢م) أنه يمكن استخدام الروبوت في عمليات زراعية متعددة مثل الحلب milking والقص shearing والحصاد harvesting والفرز sorting والتدريج grading وهذه العمليات ممكن تنفيذها بالروبوت الموضح في شكل (٤٤). أوضح Arima وآخرون (٢٠٠٤م) أنه يمكن تنفيذ عمليات حصاد الفراولة باستخدام الروبوت، كما هو موضح في شكل (٤٥). أوضح Ling وآخرون (٢٠٠٤م) أنه يمكن حصاد الطماطم بالروبوت.



شكل (٤٣): تنفيذ عمليات مكافحة الحشائش باستخدام الروبوت، Jeon وآخرون (٢٠٠٥م).



شكل (٤٤): تنفيذ عمليات حصاد الفراولة باستخدام الروبوت، Arima وآخرون (٢٠٠٤م).



شكل (٤٥): يمكن حصاد الطماطم بالروبوت، Ling وآخرون (٢٠٠٤م).

٣-٤-٣ تطبيقات أخرى للربوط في خدمة الزراعة:

قام عدد من الباحثين حول العالم بدراسة حلول آلية لجني ثمار الفاكهة والخضراوات خلال العقود الماضية. ومع هذا، فإن القليل منها تم تبنيه ووضع موضع التطبيق. والسبب في ذلك يعود إلى قضايا تتعلق بنواحي فنية واقتصادية ونباتية وقبول المنتجين. والحلول للمشكلات الميكانيكية للإنسان الآلي الزراعي لها طبيعة متعددة النظم. وعلى الرغم من التقدم التكنولوجي الكبير خلال العقود الماضية إلا أن الكثير من التحديات العلمية لا تزال قائمة. وتتطلب الحلول مهندسين وعلماء علم النبات الذين يمكنهم فهم النظم البيولوجية المحددة للمحاصيل، وممارسات الإنتاج، وكذا الميكنة، والإنسان الآلي، وقضايا التحكم المتعلقة بنظم الإنتاج الآلي.

وعلى الرغم من وجود محتوى تكنولوجي عام، فإن كل تطبيق سيتم تحديده سيكون نتيجة للطبيعة الفريدة للنظام البيولوجي. خلاصة القول فإن الحلول لمشكلات الميكنة الآلية للزراعة يجب أن تأخذ في الاعتبار أن النظم الزراعية لها طبيعة تعدد النظم. ومن الواضح أن الأمر يحتاج تركيزا يتعامل مع الجوانب المتعددة لتناول مجموعة كاملة من القضايا الفنية المتعلقة بالمحاصيل. ويدعو البحث إلى التعاون والتبادل التكنولوجي بين مختلف الجهات المعنية من أجل الاستفادة من البحث وتوفير الوقت والجهد لتطوير مختلف المعدات.

عموما يتضمن النظام الآلي لحصاد البرتقال مثلا جزأين الأول للاستكشاف والجزء الثاني للحصاد ويستخدم جهاز رؤية لتحديد الفاكهة على الشجرة. وهذه المرحلة هي تحليل جودة تقوم بما يلي:

• تحديد مواصفات المنتج.

• محاكاة حقيقية لآلية حصد البرتقال.

• تحليل اقتصادي.

وتتطلب خطة تطوير منظومة الحصاد الآلي مراحل:

• دراسة الجدوى الاقتصادية والفنية.

• إثبات جدوى الدراسة فمن الضروري أن يكون شكل الذراع الآلي مشابه للتصميم

النهائي، ولكن سيكون من الكافي أن يتم اختيار النظم الفرعية.

• مرحلة ما قبل الإنتاج ويتضمن تطوير النموذج الأول واستكمال النموذج كاملاً ليشبه المنتج المستهدف.

• مرحلة الإنتاج وبعاد فيها تصميم المستكشف والحصاد بناءً على نتائج الاختبارات الميدانية.

كما أن دعم مفهوم إنسان آلي يقوم بتحديد ثمار البرتقال على الشجرة عن طريق رسم موقع الأشجار وعدد وحجم حبات البرتقال ومواضعها بالتقريب على كل شجرة (Wallach ٢٠٠٤ م) وبعد تحديد مكان الأشجار والبرتقال عليها يقوم الذراع الآلي والمتحكمات بوضع خطة حصاد للشجرة والتي يتم نقلها للحاصد الآلي. ويحدد المستكشف إجمالي المحصول وحجم ومكان ولون كل حبة فاكهة مما يمكن القاطف من جني الثمار بكفاءة. وتمكن المعلومات الزارع من تحسين توقيت تسويق المحصول. ولا بد في النهاية من:

• تحديد قدرة المستكشف لرؤية وتحديد الفاكهة على الشجر.

• تحديد قدرة الذراع.

• استكمال قدرة المستكشف الحقيقية.

تم تطوير نظام للسيطرة على الأعشاب الضارة لتطبيقات انتقائية لمبيدات الأعشاب الضارة باستخدام تطبيقات جهاز رؤية وكيمائيات دقيقة. ويأخذ نظام الرؤية الآلي ٠,٣٤ ثانية للحصول على صورة مساحتها ١,٤٣ اسم × ٠,١٦ اسم تتضمن ١٠ عناصر مزروعة. خلاصة القول فإن نظام السيطرة الآلي على الأعشاب الضارة تم تطويره وتجربته للرش الانتقائي باستخدام مكنة بها نظام رؤية ونظام تطبيق كيمائي دقيق. ويمكن نظام السيطرة على الحشائش الضارة الآلي التحرك المستمر ١,٢٠ كم/ساعة. واستطاع جهاز التصوير تحديد ٧٣,١٪ من الطماطم و ٦٨,٨٪ من الأعشاب الضارة في الصور الملتقطة لحقل طماطم مزروع لأغراض تجارية.

Edan وآخرون (٢٠٠٠م) طوروا حاصد آلي للشمام يتمتع بالذكاء والاستشعار

والقدرة على التخطيط والتحكم ويتكون الحاصد الآلي من عصا متحركة محملة على قاعدة متحركة متصلة بجرار. ويتم تحديد مكان الشمام عن طريق معالج صور أبيض وأسود. وتقلل القواعد القائمة على المعلومات حول أنواع الشمام من أخطاء تحديد الأماكن.

ويتكون نظام التحكم الذكي من نظام توزيع ووحدات استشعار وتخطيط وتحكم مستقلة. وقد تم اختبار الحاصد الآلي في الحقل على نوعين مختلفين من حاصدي الشمام خلال فصلين مختلفين. وقد أستطاع الآلي العثور على وجني أكثر من ٨٥٪ من المحصول. وأظهر البحث جدوى حصد الشمام آليا وقد تم تقييم الأداء في ظروف الحقل الحقيقية. يقوم معالج الصور الحسابي باستخدام معلومات الشكل والحجم الخاصة بالهدف. وقد تم العثور على ٩٣٪ من حبات الفاكهة في تجربة قطاف الفاكهة والتي تم فيها حساب الحدود يدويا مقارنة ب ٨٢٪ - ٨٨٪ في التصوير التي وضعت فيها الحدود في بداية العملية، مما يوضح أهمية اختيار قيم الحدود الصحيحة، وقد أظهرت نتائج الحصاد أن نسبة عالية من الفاكهة تم تحديدها مكانها بنجاح إذا كانت الحدود مقاربة للظروف المحلية. ومن ثم، فإن تحديد حساب الحدود يجب تطويره وتنفيذه طبقا للواقع ليزيد من فرص تحدد مكان الفاكهة. وتعمل عملية دمج البيانات القائمة على القواعد ومعالج الصور على التقليل من أخطاء اقتفاء الأثر. ويجب ضبط الصورة (ارتفاع ودرجة اقتراب الكاميرا) إلى أقصى حد لتمثيل كل نوع من أنواع الفاكهة. فكلما كان الضبط أدق كان ذلك أفضل لتحديد الفاكهة الصغيرة.

قام الباحثون بدراسة الحلول للمشاكل التقنية لاستخدام الإنسان الآلي للبستنة من حيث عمليات قطف الفاكهة الطازجة خلال العقود الماضية، ولكن لم يتم تبني إلا القليل منها. والسبب لعدم نجاح تلك الحلول يعود إلى أسباب تقنية واقتصادية وزراعية. على الرغم من وجود تقدم تكنولوجي عام مازال هناك عدة تحديات علمية بحاجة إلى حلول حيوية من قبل مهندسي علماء البستنة الذين هم على دراية بالأنظمة البيولوجية المخصصة للمحاصيل، ولممارسة الإنتاج بالإضافة إلى التقنية واستخدام الإنسان الآلي وقضايا التحكم المصاحب لأنظمة الإنتاج الآلي. على الرغم من توافر العناصر التقنية الشائعة كآلة والمعالجة باستخدام الإنسان الآلي وتوجيه المركبات وغيرها، فإن التعاون والمشاركة التكنولوجية والتقدم البحثي له دور هام في تقليل الوقت الكلي لتطوير إنتاج البضائع العديدة.

تواجه العديد من المحاصيل الزراعية في الولايات المتحدة الأمريكية مشاكل تنافسية من حيث الأسعار ، وعلى سبيل المثال لأن البرتقال في فلوريدا لا ينافس غيره من

البرنتقال المستورد في الأسواق المحلية والعالمية لأن تكلفة الإنتاج منخفضة بالنسبة للمستورد، وكذلك قلة إنتاجية العمالة المحلية والتي تمثل تحديات هامة وواضحة للزراعة في أمريكا. ووفقا للدراسات الاقتصادية فإن عمالة قطف الثمار تمثل نسبة ٤٠٪ من تكاليف الإنتاج وبالتالي من الضروري خفضها للحصول على تنافس عالمي، ويجب توفر فرص عمل كبيرة لإنتاج المحاصيل الريفية وباستخدام أحدث التقنيات والنظام الزراعي الآلي. ولتطوير بيئة النمو الزراعي يجب أن يتحول المنتجين إلى استخدام نظام آلي وخاصة الإنسان الآلي لحل المشاكل الرئيسية التي يواجهها نظام القطف الآلي والتي تشمل عملية تمييز وتحديد وفصل الفاكهة وفقا للمعايير الموصوفة دون تدمير أو إتلاف الفاكهة والأشجار، يجب أن يكون نظام القطف الآلي مجديا اقتصاديا وبديلا لعملية القطف اليدوي وإذا ما تم تعديل نظام النمو الزراعي فإن النظام الآلي هو الأفضل للنجاح.

٣-٣-٥ منظومات التعرف على المحاصيل على الأشجار عند حصادها آليا:

يعتبر حصاد الفواكه والخضروات من عمليات الوقت المفقود والمهام المزعجة للمزارعين. وعدد من الباحثين حاولوا التخلص من عادة الحصاد اليدوي للمحاصيل بابتكار ربوطات ذكية، والصعوبات التي تواجه تطوير مثل تلك الربوطات هي:

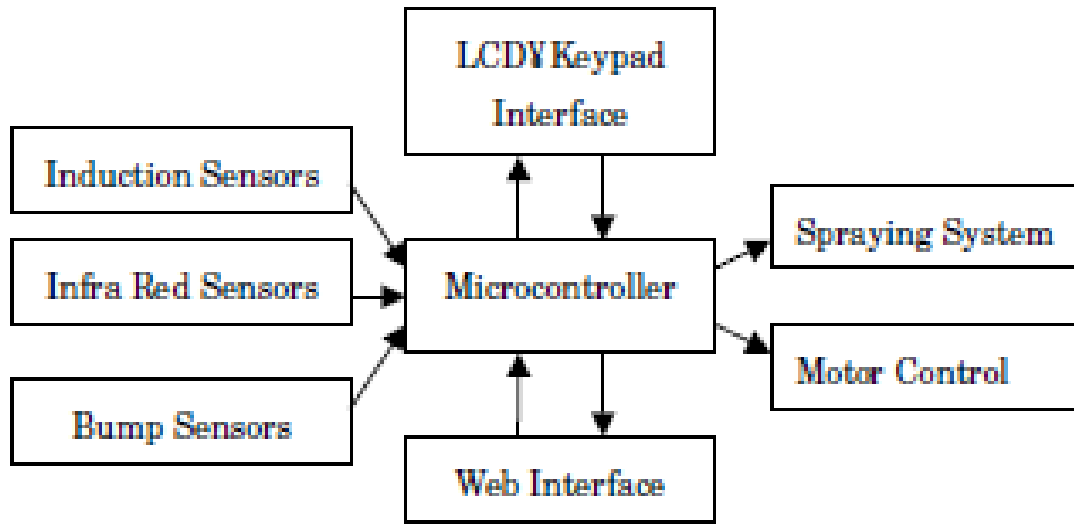
- لا بد من تحديد الهدف (الثمرة) بدقة.

- وجود جهاز قطع للثمرة.

- العمل في البيئة الزراعية.

ومن الوسائل المساعدة للربوطات لتنفيذ مهامها هي وجود المحسات التي تشعر بالثمرة والبرمجيات التي تحلل تلك الإشارات ومن ثم التعرف على الثمرة ومن ثم جمعها. وهذه المحسات تختلف على حسب الغرض الذي من أجله صمم الربوط، فمثلا في شكل (٤٦) يوجد ربوط لرش المبيدات، لذا لا بد من وجود محسات مثل المحسات الحسية Induction sensors أو محسات الأشعة Infra red sensors . أما بالنسبة لحصاد الفواكه والخضروات فالمحسات البصرية Optical sensors التي تستخدم الكاميرات بأنواعها

المختلفة هي الأهم عند تصميم الربوط، حيث نجد في شكل (٤٧) أنه في الأول يتم التعرف على الثمرة ثم مسكها ثم قطفها ثم وضعها على مكان النقل. ونجد الكاميرا أساسيا في تصميم ربوطات حصاد الفواكه والخضروات، شكل (٤٨) يوضح كاميرا على ربوط لحصاد الكرنب.



شكل (٤٦): تختلف المحسات في الربوطات حسب استخدام الربوط.



Inspection (shape, colour)



Grasping (tactility)



Cutting of 'umbilical'



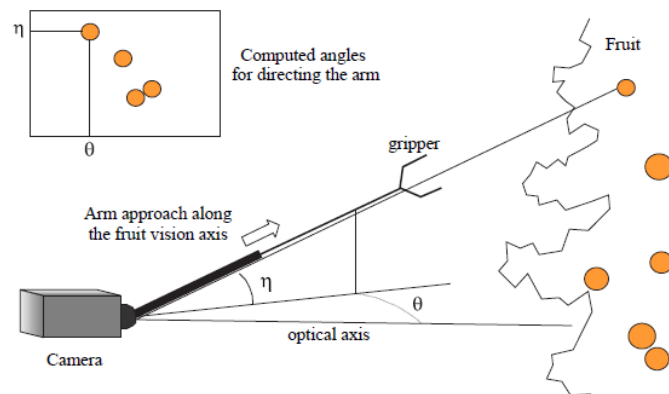
Deposition in conveyer

شكل (٤٧): أولاً يتم التعرف على الثمرة ثم مسكها ثم قطعها ثم وضعها على مكان النقل.

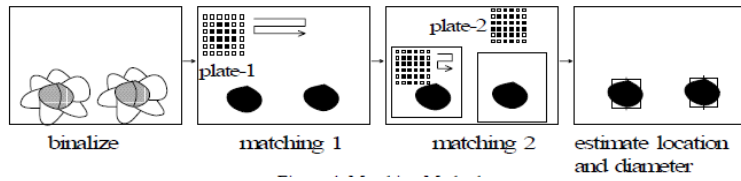
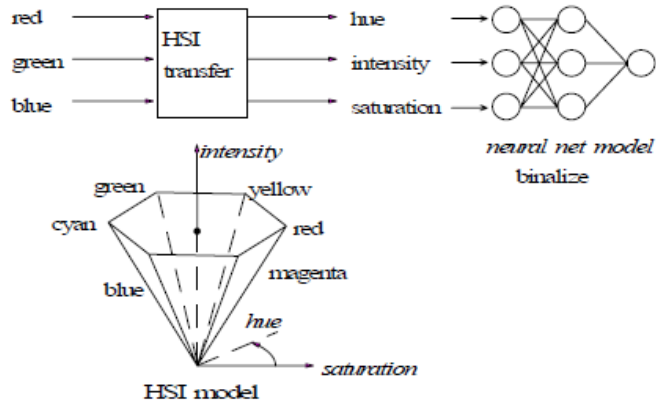


شكل (٤٨): كاميرا على ربوط لحصاد الكرنب.

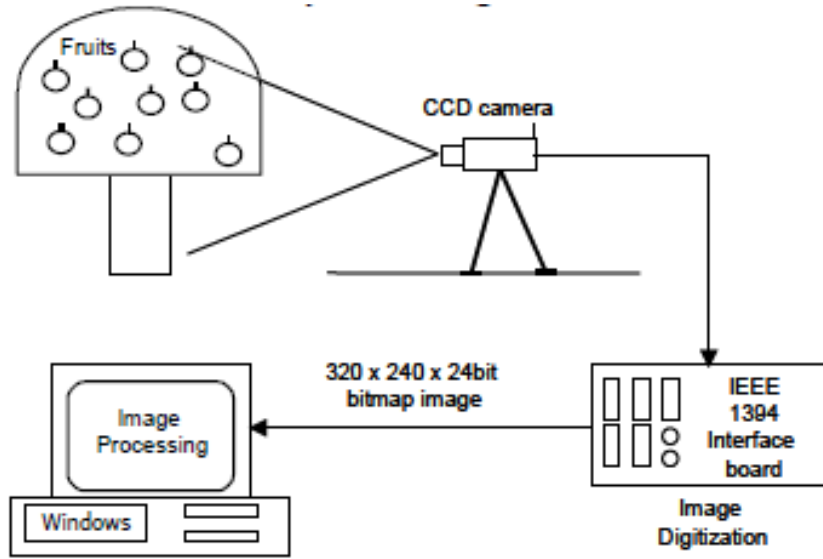
والكاميرات تعتمد على النقاط الصور الملونة ومن ثم تحليل الألوان لتحديد الثمار الناضجة، شكل (٤٩). وللتعرف يستخدم وسائل منها الشبكات العصبية الاصطناعية لمطابقة الأنماط، كما بشكل (٥٠)، حيث غالبا ما تكون منظومة النقاط الصور من كاميرا وحاسب الآلي وبرامج تحليل الصور، شكل (٥١).



شكل (٤٩): الكاميرات تلتقط الصور الملونة ومن ثم تحليل الألوان لتحديد الثمار الناضجة (Jimenez وآخرون، ٢٠٠٠م).



شكل (٥٠): الكاميرات تعتمد على التقاط الصور الملونة ومن ثم تحليل الألوان لتحديد الثمار الناضجة ويستخدم لذلك وسائل منها الشبكات العصبية الاصطناعية لمطابقة الأنماط.



شكل (٥١): تتكون منظومة التقاط الصور من كاميرا وحاسب الآلي وبرامج تحليل الصور (Bulanon وآخرون، ٢٠٠٦م).

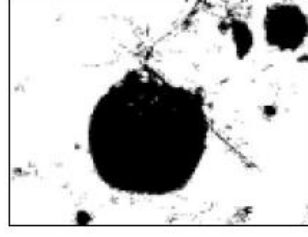
وهناك خطوات يتم بها التعرف على الثمار من خلال منظومة التقاط الصور، موضحة بشكل (٥٢) وهي كما يلي:

- خطوة ١ : التقاط الصور الملونة.
- خطوة ٢: تجزئة الصور بناء على قيم استهلاكية.
- خطوة ٣: فلتر الصورة من الشوشرة.
- خطوة ٤: إيجاد الحواف لتحديد الدائرة لشكل الثمرة، حيث أن معامل الشكل للثمرة حوالي ١٢,٦.
- خطوة ٥: تحديد مركز الدائرة.
- خطوة ٦: إسقاط خط أفقي خلال المركز يتقاطع مع محيط الثمرة.
- خطوة ٧: رسم خط يمر خلال خط التقاطع الأفقي والمحيط مستخدماً زاوية كميل Slop.
- خطوة ٨: يعتبر التقاطع الأخير هو مكان قطع الثمرة .

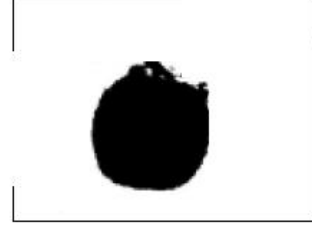
ويوضح شكل (٥٣) التقنيات المستخدمة في التعرف على الثمار على الأشجار ونسبة النجاح. كما يوضح شكل (٥٤) أنه يمكن استخدام محس الليزر في التعرف على الثمار على الشجرة ومن ثم التقاطها بالربوط. ولا بد من وجود إضاءة كافية ، شكل (٥٥). وكذلك برمجيات لتحليل الصور، شكل (٥٦). ومنظومات الحصاد المتكاملة متعددة لحصاد الخروات والفواكة ، شكل (٥٧) و شكل (٥٨).



(a) Step 1



(b) Step 2



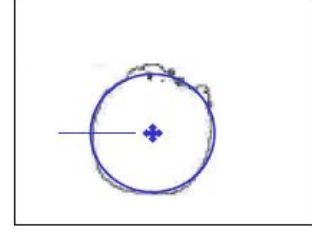
(c) Step 3



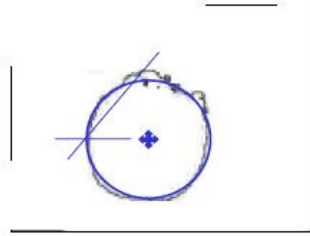
(d) Step 4



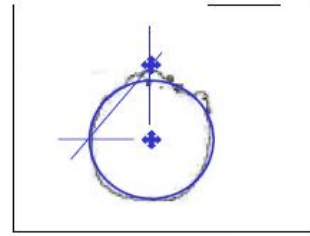
(e) Step 5



(f) Step 6



(g) Step 7



(h) Step 8

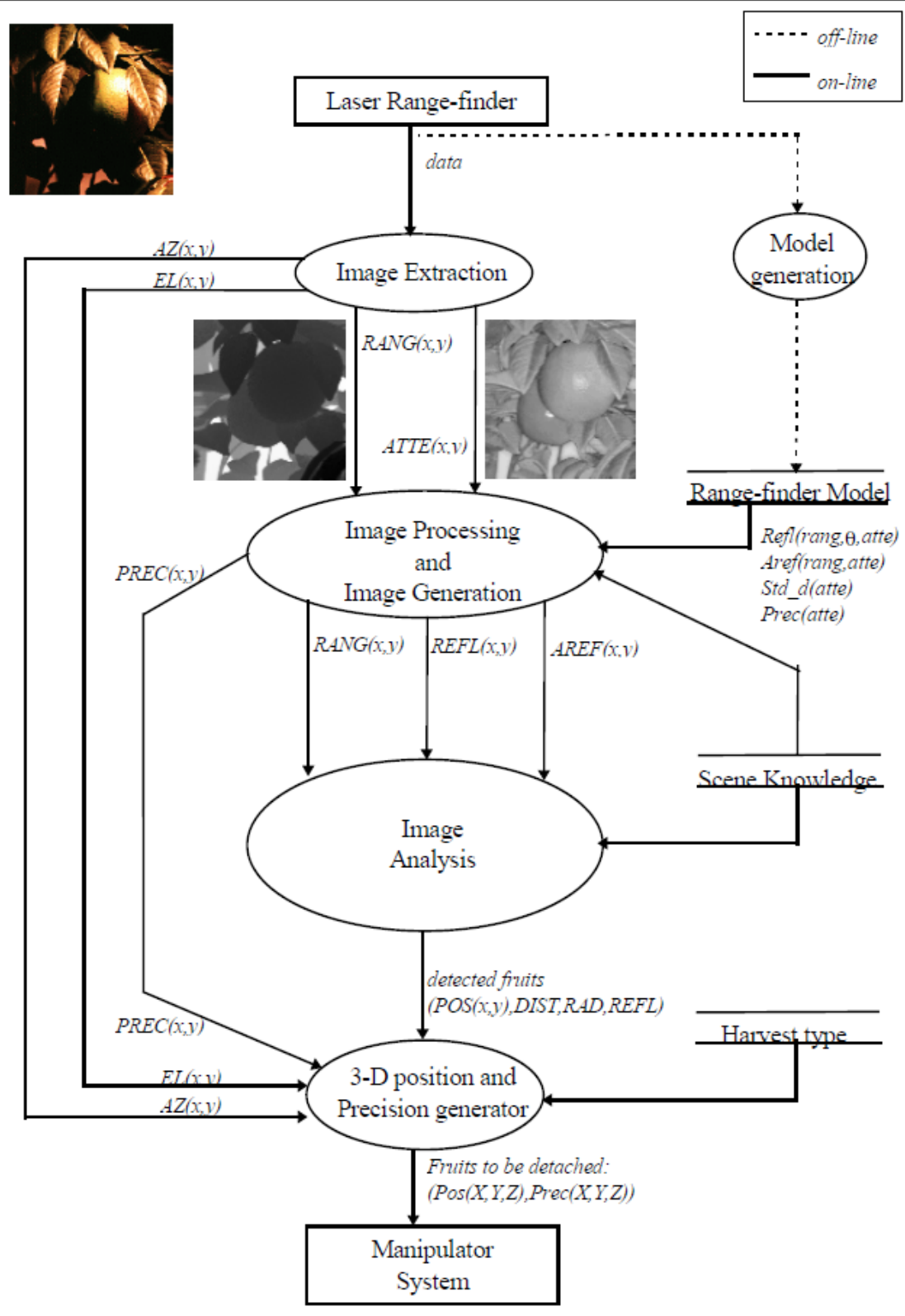
شكل (٥٢): خطوات التعرف على الثمار من خلال منظومة التقاط الصور
(Jimenez وآخرون، ٢٠٠٠م)

Table 1: Summary of reported vision systems for detecting fruit on trees.

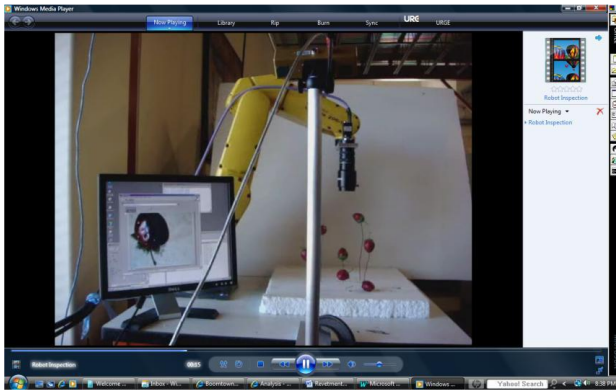
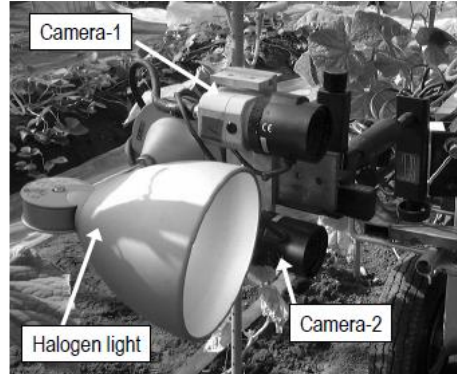
Research group & References	Fruit ¹	Sensors and accessories ² (image type)	Analysis method ³ (algorithm details)	Detects green fruit	Correct-false detections ⁴
U.Virginia (Parrish77)	Appl	B/W+F (Spectral)	Local (Thr+FExt+RCla)	No	N.R.
MAGALI (D'Esnon87)	Appl	Color (Spectral)	Local (Thr)	No	N.R.
(D'Esnon87, Rabatel88)	Appl	3 Color+ 3 F (Spectral)	Local (Ratio+Thr)	Yes	50%-high%
U.Florida and USDA (Slaughter87)	Oran	Color+ L (Spectral)	Local (Hue&Sat+LCla)	No	100%-N.R.
(Slaughter89, Harrell89)	Oran	Color (Spectral)	Local (RGB+ BCla)	No	100%-N.R.
U.Purdue (Whittaker87)	Toma	B/W (Intensity)	Shape (Contour+CHT)	Yes	68%-42%
A.I.D. (Levi88)	Oran	Color+ F+ L (Spectral)	Shape (Gradient+TMat.)	No	70%-N.R.
Sunkist and U.Calif. (Sites88)	Appl & Pech	B/W+ F+ L (Spectral)	Local (Thr+FExt+LCla)	No	84%-20%
AUFO (Kassay92)	Appl	2 Color (Spectral)	Local (Thr+stereo)	No	41%-N.R.
CITRUS (Juste91)	Oran	B/W+ F+ 2L (Spectral)	Local (Thr)	No	80%-high%
(Juste91)	Oran	2 B/W+ 2F+ 2L (Spectral)	Local (Ratio+Thr)	No	80%-10%
(Juste91)	Oran	Color (Spectral)	Local (RGB+ BCla)	No	90%-5%
(Pla93)	Oran	B/W+ L (Intensity)	Shape (Conv+ Thr&Fitting)	Yes	75%-8%
U.Purdue and Volcani (Cardenas91)	Meln	B/W (Intensity)	Local (Thr+CEExt+RCla)	No	84%-10%
(Dobrousin92)	Meln	B/W+ Air (Intensity)	Local (Thr+CEExt+RCla)	No	80%-N.R.
(Benady92)	Meln	Laser&B/W+ Air (Distance)	Shape (Profile+CHT+RCla)	Yes	100%-0%
CIRAA (Buemi95)	Toma	Color (Spectral)	Local (Hue&Sat+ Thr+ stereo)	No	90%-N.R.
U.College-London (Grasso96)	Oran	2 Color (Spectral)	Local (Thr+ CHT+ stereo)	No	86%-5%
AGRIBOT (Jimenez97, 98, 99)	Oran & spheres	Laser Range finder (Distance & Spectral)	Shape & Local (4 primitives+ ParaEsti)	Yes	80%-0%

¹ Appl=Apples, Oran=Oranges, Toma=Tomatoes, Meln=Melons, Pech=Peaches.
² B/W= Black and White camera, Color= Color camera, F= Optic filter, L= Artificial light, Air=Air blower to move leaves.
³ Thr=Thresholding segmentation, FExt=Feature extraction, TMat= Template Matching, LCla=Linear classifier, BCla= Bayesian classifier, RCla=Rule-based classifier, RGB= Red-Green-Blue feature space, Hue&Sat= Hue-Saturation feature space, CHT= Circular Hough Transform, Gradient=Local gradient image, Conv+ Convexity image, Profile=Profile image, ParaEsti= Parameter Estimation by CHT and sphere fitting.
⁴ N.R.=No Reported.

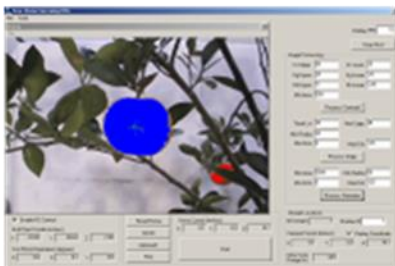
شكل (٥٣): التقنيات المستخدمة في التعرف على الثمار على الأشجار ونسبة النجاح.



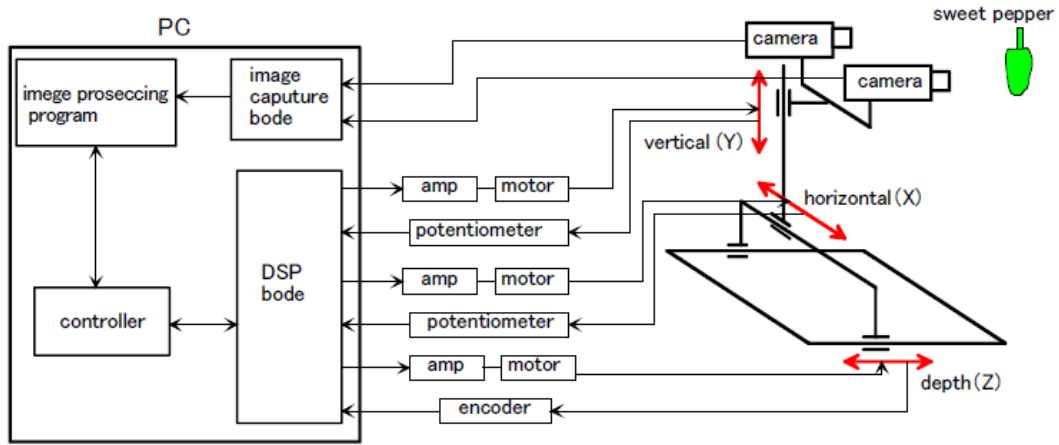
شكل (٥٤): يمكن استخدام محس الليزر في التعرف على الثمار على الشجرة ومن ثم التقاطها بالربوط.



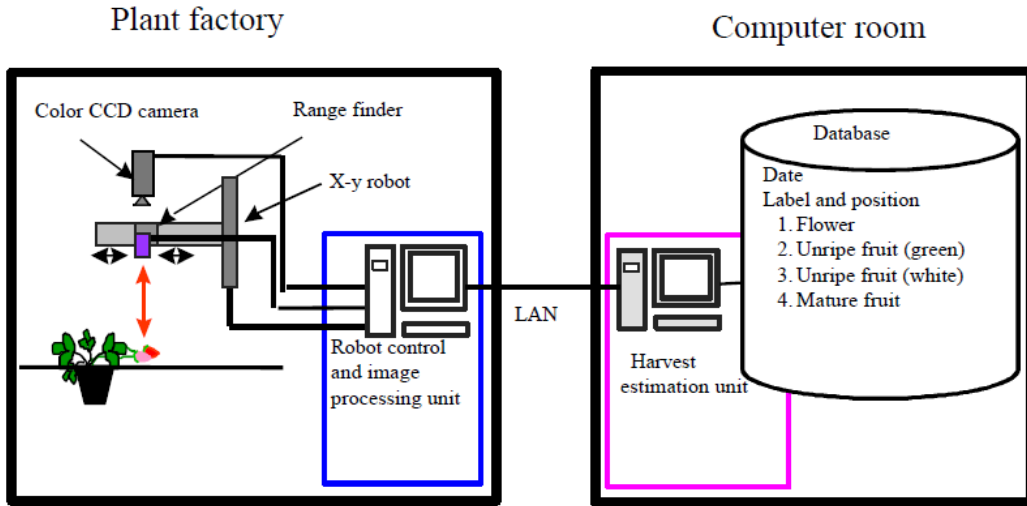
شكل (٥٥): مع الكاميرات لابد من وجود إضاءة كافية.



شكل (٥٦): أحد برمجيات تحليل الصور



شكل (٥٧): منظومة حصاد متكاملة بالربوط والكاميرات والبرمجيات لحصاد الفلفل.



شكل (٥٨): منظومة حصاد متكاملة بالربوط والكاميرات والبرمجيات لحصاد النباتات والتحكم من على بعد بواسطة شبكة محلية.

٣-٣-٦ أدوات تحليل الأذرع الآلية :

هناك أساسيات لابد من معرفتها للأذرع الآلية Sivaraman وآخرون (٢٠٠٦م)

منها:

- نوع وشكل الوصلات.
 - هندسة الوصلات.
 - المواد المصنعة منها الوصلات.
 - أبعاد الوصلات.
 - نقل الحركة للوصلات والمحسات والمشغلات.
 - التحقق من الكفاءة والدقة والأداء في وضع السكون والحركة.
- بالإضافة إلى تلك الأساسيات، فعند استخدام الذراع الآلي في الزراعة لابد أن يأخذ في الحسبان:

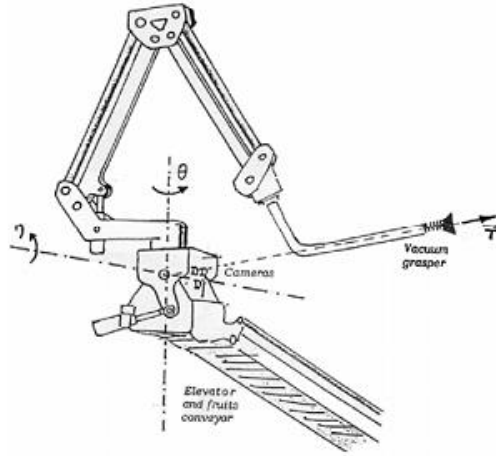
- مكان ومساحة العمل.
- حساب دورة الوقت المثالية.
- تقييم البدائل وبسرعة للعمل بقدر الإمكان بطريقة اقتصادية.

ويعتمد تقييم الذراع الآلي على خصائصه الوظيفية مثل:

- تعريف الوصلات المتعددة ووصف التحول ما بين أزواج الوصلات.
- إجراء التجربة عند التقدم للإمام والعودة للخلف، حيث أن الحركة للأمام تفيد في إيجاد المكان الوحيد الذي يمكن أن يصل إليه آخر وصلة في الذراع.
- إيجاد وقت تغير المسارات وتقييم ديناميكية الذراع لتلك المسارات.
- إنشاء منظومة هندسية ثلاثية الأبعاد للمدخلات والمخرجات.

أوضح الباحثون Ahn وآخرون (٢٠٠٧م) أن الأداء العالي والدقة يكونا من المرغوب فيهما عند اختيار خصائص أسلوب السيطرة عند تشغيل الأذرع الآلية. واستخدم الباحثون نموذج شبكة عصبية من النوع لتحديد ووضع نماذج غير خطية لتعريف الذراع الآلي في حالة الاختلافات والتضاربات الجوهرية. الشبكة المقترحة تعلمت بسهولة وبقوة وأمكن لها تحسين أداء الذراع الآلية وعمل نظام مراقبة لمتابعة

العمليات الفعلية القائمة على الذراع الآلي. لحصاد التفاح استخدم D'Esnon وآخرون (١٩٨٧م) ذراع آلية كما في شكل (٥٩) ولتحليل أدائه يجب معرفة بيانات محددة كما في جدول (٢).



شكل (٥٩): حركة ذراع آلة لجمع التفاح، D'Esnon و آخرون (١٩٨٧م).

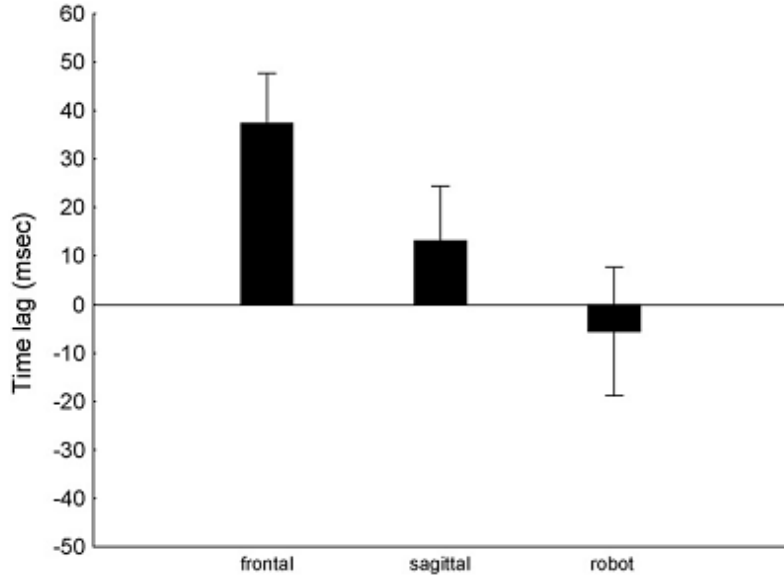
جدول (٢): متغيرات الحركة لذراع آلية.

رقم الوصلة	طول الوصلة	زاوية الالتواء	مقدار الترحيل في الوصلة	زاوية الوصلة
	متر	درجة	متر	درجة
١	٠	٠	٠	θ_1
٢	٠	٩٠-	٠,١٥٢٤	θ_2
٣	٠,٣٠٤٨-	٩٠-	٠	θ_3
٤	٠,٥٤٨٦	٠	٠	θ_4
٥	٠,٥٤٨٦	٠	٠	θ_5

قام Klug وآخرون (٢٠٠٥م) بتصميم ذراع آلي، شكل (٦٠) وذكروا أنه من الضروري معرفة الاجهادات التي تقع على الذراع الآلية حتى لا يتضرر. قام Craighero وآخرون (٢٠٠٨م) بدراسة مقدرة الذراع الآلي على استيعاب الأشياء من خلال دراسة الفارق الزمني للوصول للهدف واستيعابه من خلال عدة منظومات أمامية Frontal ، سهمية الشكل Sagittal وباستخدام الذراع الآلية ، كما بشكل (٦١).



شكل (٦٠): ذراع آلي لخدمات متحركة، Klug وآخرون (٢٠٠٥م).

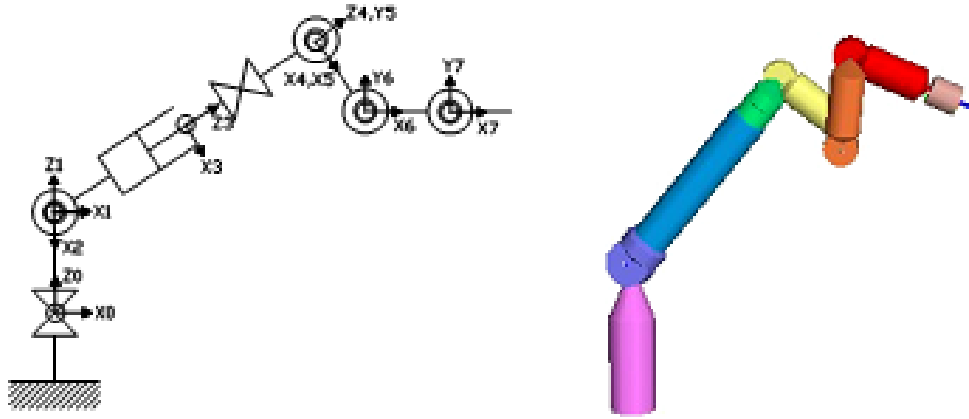


شكل (٦١): دراسة الفارق الزمني للوصول للهدف واستيعابه من خلال عدة منظومات لحركات الذراع أمامية Frontal ، سهمية الشكل Sagittal وباستخدام الذراع الآلية Robot ، Craighero وآخرون (٢٠٠٨م).

أوضح Wamola (٢٠٠٢م) أن الأداء الجيد للذراع الآلي يتحقق عندما ينجز الحركات في الإزاحات الصغيرة والكبيرة بانحرافات قليلة. أداء الذراع الآلية تحددت في حساب الوقت المطلوب لجمع الكرنب ونقله إلى الصندوق المخصص. أوضح Murakami وآخرون (بدون تاريخ) أن زمن التشغيل تم تقسيمه إلى ثلاث أزمنة هم:

- زمن تجهيز الربوط
 - زمن تحليل الصورة وجمع الكرنب
 - زمن تحريك الذراع إلى صندوق تجميع الكرنب وفتح الماسك.
- هذه الأزمنة مجتمعة كانت في المتوسط ٥٥ ثانية.

أوضح Sivaraman and Burks (٢٠٠٧م) أنه يمكن محاكاة حركة الذراع الآلي كما في شكل (٦٢) وإيجاد متغيرات الحركة كما في شكل (٦٣).



شكل (٦٢): محاكاة حركة الذراع الآلي، Sivaraman and Burks (٢٠٠٧م).

Manipulator	Link i	Link length a_{i-1} m	Twist angle α_{i-1} deg	Link offset d_i m	Joint angle θ_i deg	Joint angle range $\theta_{i range}$ deg or m
Type 1	1	0	0	0.22860	θ_1	-135,+135
	2	0	90	0	θ_2	-100,0
	3	0	-90	d_3	0	0.5461,0.9271
	4	0	0	0.17145	θ_4	-180,+180
	5	0	90	-0.08890	θ_5	-45,+225
	6	0.21590	0	0.17780	θ_6	-135,+135
	7	0.21590	0	-0.08890	θ_7	-135,+135

شكل (٦٣): متغيرات حركة الذراع الآلي، Sivaraman and Burks (٢٠٠٧م).

أوضح Koyuncu and Guzel (٢٠٠٨م) أن التحويل بين فضاء الوصلات والمحاور الكرتيزية Cartesian للذراع الآلي مهم جدا. وأن الحل الكينماتيكي Kinematics للذراع الآلي يتكون من مشكلتين أساسيتين هما الكينماتيكا الأمامية والعكسية فالكينماتيكا الأمامية تحسب أين سيكون موضع الذراع الآلي إذا كانت كل الوصلات معرفة، بينما الكينماتيكا العكسية تحسب كم يكون مقدار متغير كل وصلة إذا كان الموقع والاتجاه محدد. ومن أنواع الذراع الآلي غير المكلف هو Lynx-6، شكل (٦٤). هذا الذراع له ٥ حركات متجه بالإضافة لحركة الماسك وهو مشابه لذراع الإنسان من حيث عدد الوصلات. ويوضح شكل (٦٥) المتغيرات التي تم تعريفها للوصلات في الذراع الآلي Lynx-6 وهذه الوصلات موضحة في شكل (٦٦) وهي عبارة عن :

- حركة الكتف Shoulder rotation
- الحركة الخلفية للكتف shoulder back and forth motion
- حركة الكوع elbow motion
- حركة الرسغ فوق وتحت wrist up and down motion
- حركة الرسغ wrist rotation

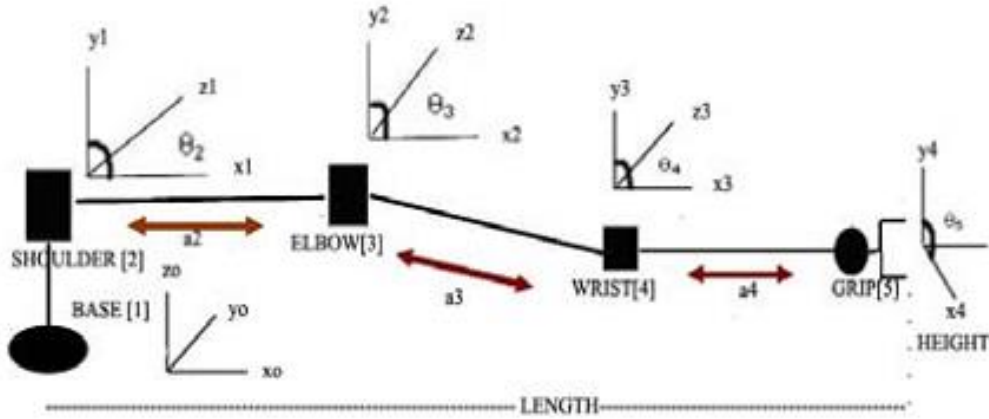


شكل (٦٤): الذراع الآلي Lynx-6

joint	θ degree	d cm	a cm	α degree
1	45	0	0	90
2	30	0	12.065	0
3	30	0	12.065	0
4	-45	0	14.249	-90
5	30	0	0	0
6	0	0	0	0

شكل (٦٥): المتغيرات التي تم تعريفها للوصلات في الذراع الآلي Lynx-6

Motional distance along z axis	مسافة الحركة على محور Z	d
Distance between joints along x axis	المسافة بين وصلتين على طول محور X	a
Angle around the z axis on xy plane	الزاوية حول محور Z في المستوى XY	θ
Angle between 2 adjacent axes	الزاوية بين محورين متجاورين	α

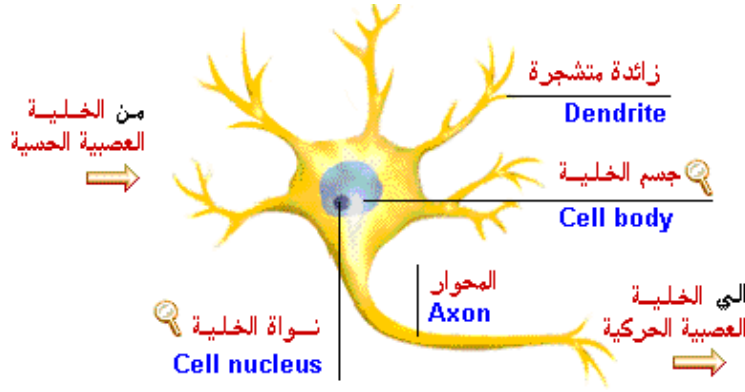


شكل (٦٦): نمذجة ذراع آلي كذراع الإنسان

٧-٣-٣ الشبكات العصبية الاصطناعية للتحكم في الأذرع الآلية:

١-٧-٣-٣ أساسيات عامة:

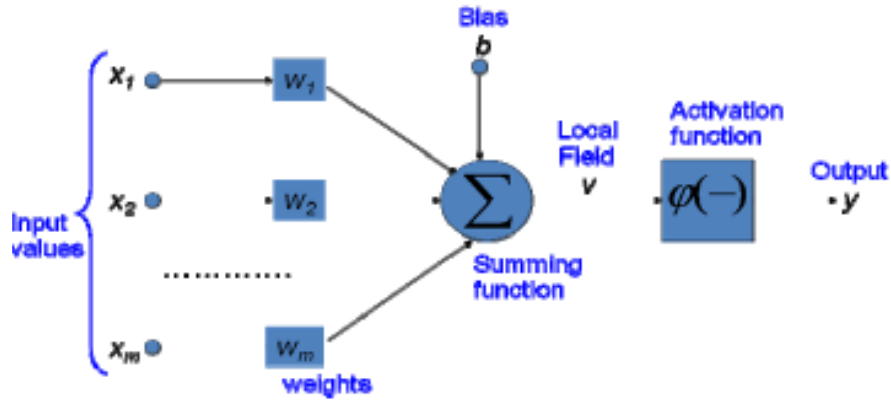
الشبكات العصبية الاصطناعية Artificial Neural Networks (ANN) هي تقنيات حسابية مصممة لمحاكاة الطريقة التي يؤدي بها الدماغ البشري مهمة معينة، وذلك عن طريق معالجة ضخمة موزعة على التوازي، ومكونة من وحدات معالجة بسيطة، هذه الوحدات ما هي إلا عناصر حسابية تسمى عصبونات أو عقد (Nodes، Neurons) والتي لها خاصية عصبية، من حيث أنها تقوم بتخزين المعرفة العملية والمعلومات التجريبية لتجعلها متاحة للمستخدم وذلك عن طريق ضبط الأوزان. إذاً ANN تتشابه مع الدماغ البشري في أنها تكتسب المعرفة بالتدريب وتخزن هذه المعرفة باستخدام قوى وصل داخل العصبونات تسمى الأوزان التشابكية، شكل (٦٧).



شكل (٦٧): الخلية العصبية الطبيعية البيولوجية.

وهناك أيضا تشابه عصبي حيوي مما يعطي الفرصة لعلماء البيولوجيا في الاعتماد على ANN لفهم تطور الظواهر الحيوية. ويمثل شكل (٦٨) العصبون الصناعي والذي يحاكي العصبون الطبيعي.

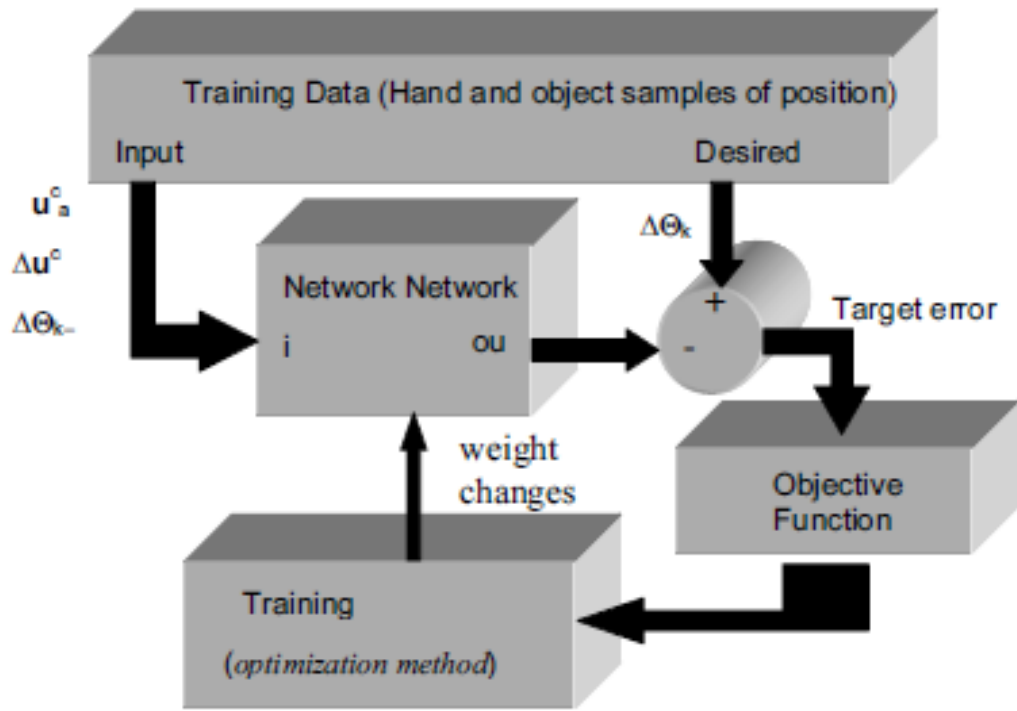
The Neuron



شكل (٦٨): الخلية العصبية الاصطناعية.

هنالك عودا كبيرة في استخدام الشبكات العصبية الصناعية في الأذرع الآلية . حيث يمكن استخدامها للتحكم في حركة يد الربوط وذلك عبر تعليم النظام جميع الحركات المطلوبة. إذ كما هو معروف أن التحكم في حركة يد الربوط عملية معقدة وتحتاج إلى الكثير من عناصر التحكم الحديثة ومن هنا يمكن استخدامها لتسهيل معرفة وتعلم أوضاع مفاصل اليد وذلك بتدريب الشبكة على عدة مواقع للجسم المقبوض ومن ثم تزويد نظام التحكم بهذه المعلومات والإشارات والتي تحتاج إلى عمليات حسابية معقدة لاحتسابها.

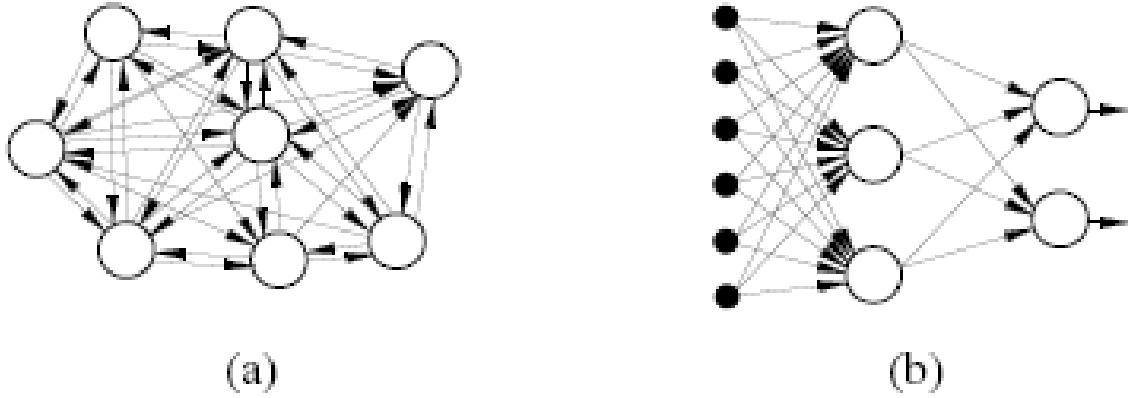
ويوضح شكل (٦٩) طريقة تدريب الشبكة العصبية الاصطناعية بمعلم Supervised. حيث التعلم في الشبكات العصبية الاصطناعية بافتراض وجود عدد من المشاكل المراد حلها ومجموعة من الحلول فإن مبدأ التعلم في الشبكات العصبية الاصطناعية يعني استخدام عدد من الملاحظات من البيئة المحيطة، قد تكون هذه الملاحظات عبارة عن بيانات تم تخزينها من تجارب سابقة. وهناك أنواع متعددة من الشبكات العصبية الاصطناعية وطرق تدريب مختلفة، شكل (٧٠).



A

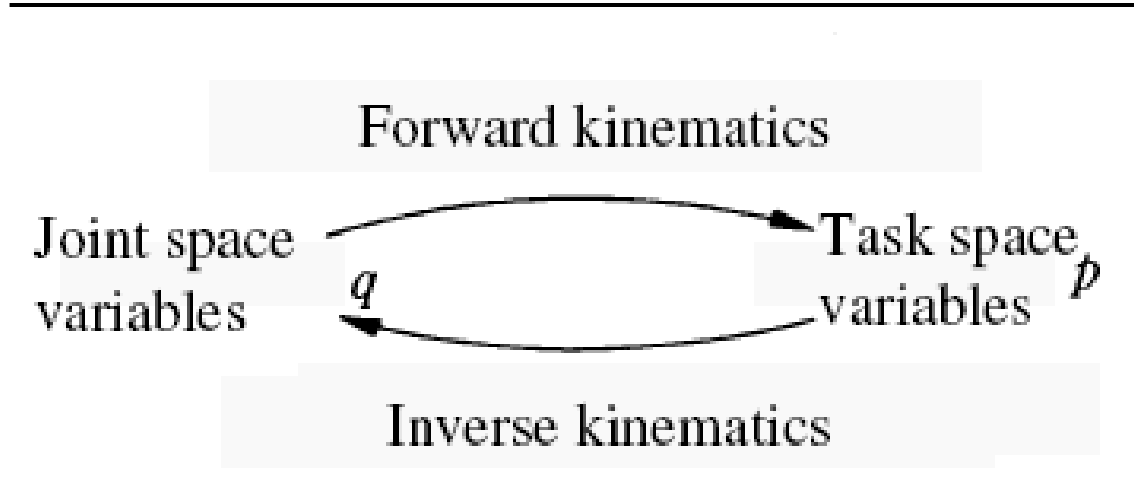
شكل (٦٩): طريقة تدريب الشبكة العصبية الاصطناعية بمعلم Supervised لتدريب ربوط

متعدد الأصابع (2008) Al-Gallaf

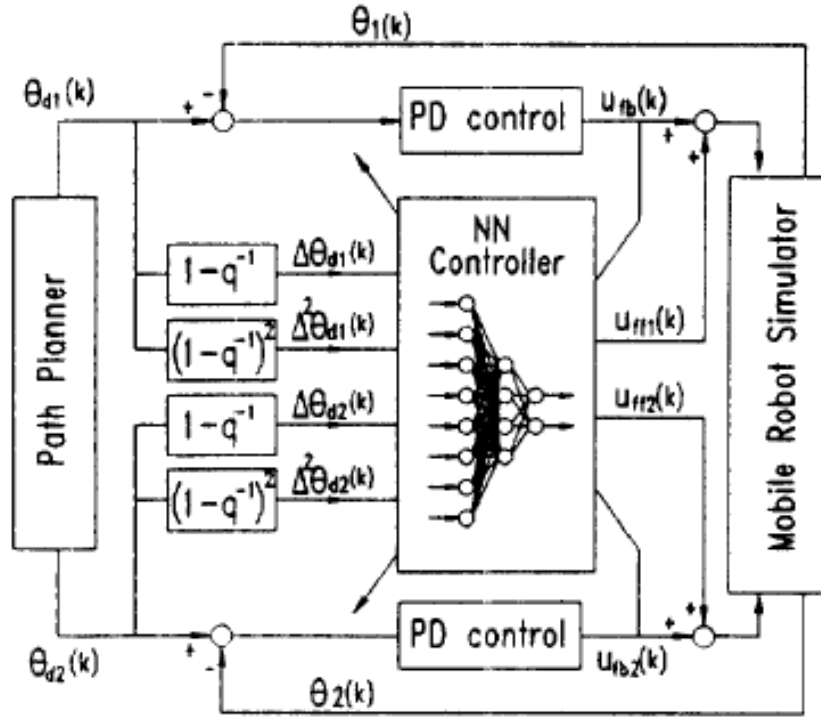


شكل (٧٠): أنواع شبكات عصبية اصطناعية.
 (a) ذات تغذية خلفية (b) ذات تغذية أمامية

وهناك دراسات عديدة استخدمت الشبكات العصبية الاصطناعية في التحكم بالربوط. حيث غالبا ما يكون التحكم في كينماتيكا التقدم والرجوع وهي تتوقف على عدة متغيرات ، شكل (٧١). ودائرة التحكم باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية يمكن أن تكون كما بشكل (٧٢).



شكل (٧١): التحكم في كينماتيكا التقدم والرجوع للمعالج الحركي وفقا لمتغيرات عديدة.



شكل (٧٢): دائرة التحكم باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في الربوط.
Koh وآخرون (١٩٩٤).

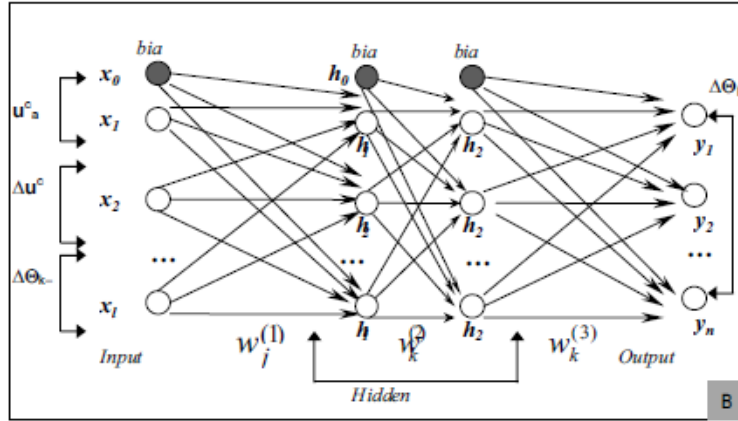
٣-٧-٢-٣ تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية في التحكم بالمعالج الحركي:

Al-Gallaf (٢٠٠٨م) وظف الشبكات العصبية الاصطناعية في التحكم في حركة

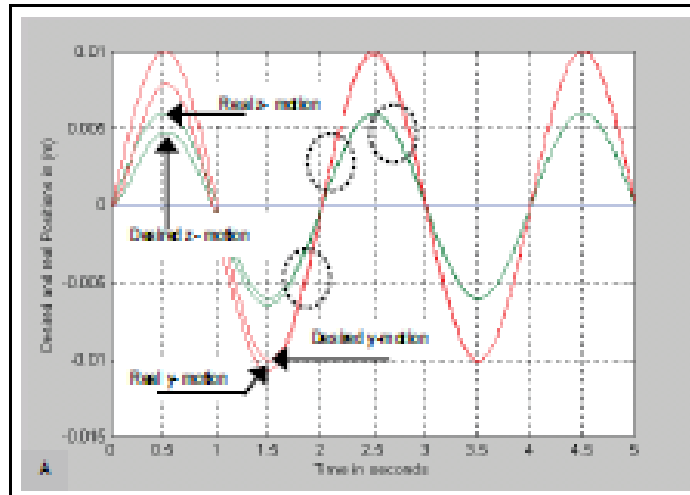
معالج حركي متعدد الأصابع ، حيث كانت المدخلات للشبكة هي:

- change in actual object Cartesian posture.
- change in hand joint space vector at a k^{th} interval.
- object motion velocity.

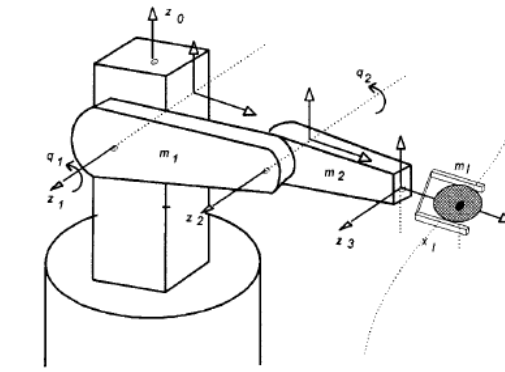
واستخدم طريقة التعلم بمعلم وطريقة Back-propagation learning algorithm لتنفيذ المهام وأمكن له محاكاة حركة اليد للربوط، ويوضح شكل (٧٣) هيكل الشبكة العصبية الاصطناعية المستخدمة والمكونة من أربع طبقات لتدريب ربوط متعدد الأصابع . ويبين شكل (٧٤) حركة الهدف في محوري Y و Z أثناء عملية التدريب. واستخدم Patiño وآخرون (٢٠٠٢م) المعالج الحركي الموضح بشكل (٧٥) وتم التحكم فيه من خلال الشبكات العصبية الاصطناعية ويوضح شكل (٧٦) طريقة التدريب.



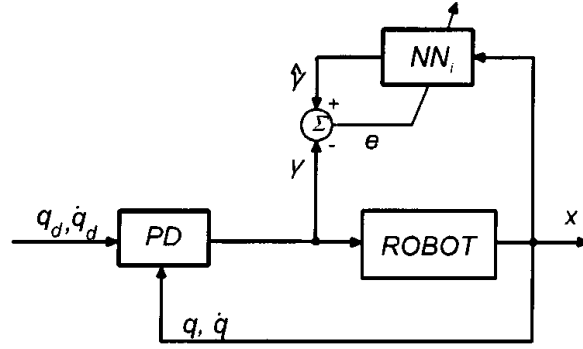
شكل (٧٣): هيكل شبكة عصبية اصطناعية من أربع طبقات لتدريب ربوط متعدد الأصابع. (Al-Gallaf (2008).



شكل (٧٤): حركة الهدف في محوري Y و Z أثناء عملية تدريب معالج حركي متعدد الأصابع باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية. (Al-Gallaf (2008).



شكل (٧٥): معالج حركي تم التحكم فيه من خلال الشبكات العصبية الاصطناعية. Patino وآخرون (٢٠٠٢م)



شكل (٧٦): طريقة التدريب لمعالج حركي من خلال الشبكات العصبية الاصطناعية.

Patino وآخرون (٢٠٠٢م).

Alavandar and Nigam (٢٠٠٨م) طوروا نموذج عصبي ضبابي ANFIS لحل مشكلة

الحركة الكينماتيكية العكسية لمعالج حركي صناعي مستخدماً متغيرات الوصلات والمفاصل والتي تعمل على تموضع المعالج في المكان الصحيح واستخدم لذلك بيانات للتعلم وأثبت النتائج أن النظام المقترح اثبت كفاءة في المحاكاة

Morris and Mansor (١٩٩٧م) طوروا نموذج شبكة عصبية الاصطناعية لإيجاد

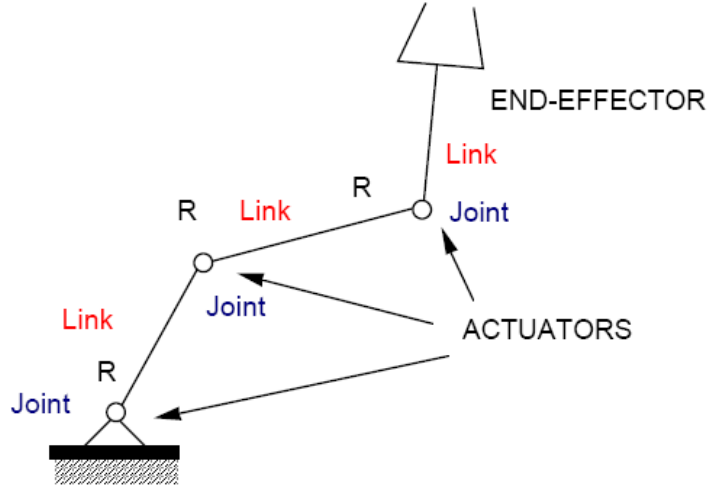
الحركة الكينماتيكية العكسية لمعالج حركي مستخدمين look up table واستخدم الشبكة ذات التغذية العكسية في التدريب multi-layered perceptions with a back-propagation training algorithm وكانت نسبة الخطأ ٠,٠٢٪ للمفصل الأول و ٠,٣٪ للمفصل الثاني.

Kozalzewicz وآخرون (٢٠٠٥) استخدموا الشبكات العصبية الاصطناعية لإيجاد

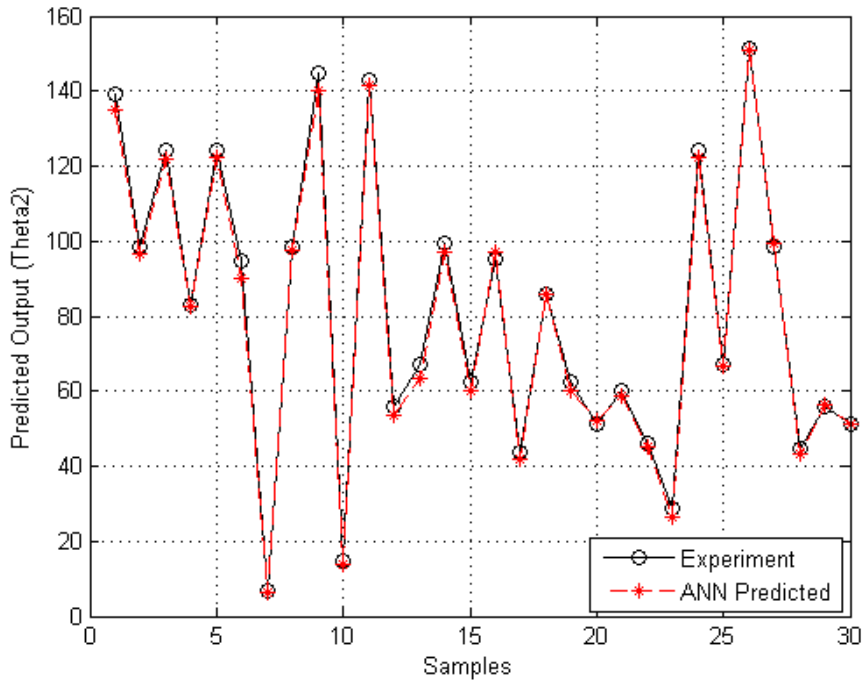
الحركة الكينماتيكية العكسية لمعالج حركي ذو ٦ درجات حرية وأثبتت الشبكة قدرة عالية على المحاكاة.

Jha (٢٠٠٩م) أوضح أن مسائل التحكم في المعالج الحركي تقسم إلى جزأين

أساسيين هما تناسق الوصلات في الحركة لإنتاج تموضع مطلوب وأيضا التحكم في سرعة المشغلات لتتبع سرعات الموضع المرغوبة) ويمكن استخدام طريقة الشبكات العصبية الاصطناعية في ذلك. حيث استخدم معالج حركي كالموضح بشكل (٧٧) لتنفيذ شبكة عصبية اصطناعية لإيجاد قيمة زوايا الحركة للمفاصل. وكانت نتيجة المحاكاة كما بشكل (٧٨).



شكل (٧٧): معالج حركي يتم إيجاد زوايا التوضع له بشبكة عصبية اصطناعية
 Jha (٢٠٠٩م).



شكل (٧٨): القيم التجريبية والمنتبأ بها من الشبكات العصبية الاصطناعية لزواوية
 المفصل ٢ للمعالج الحركي في شكل (٧٧) Jha (٢٠٠٩م).

الفصل الرابع

منهج البحث وخطوات العمل

لتنفيذ البحث تم المرور بعدة مراحل الأولى دراسة أوضاع العذق على النخلة والأبعاد مع اختلاف العمر والصنف لتحديد نصف قطر التشغيل المناسب للذراع الآلية. ومن نتائج هذه المرحلة تم تدارس التصميمات الهندسية المقترحة للآلة بعد الاطلاع على الدراسات السابقة والتصميمات المطبقة في عمليات الحصاد. وفي عملية دراسة أوضاع العذق، تم إجراء دراسة ميدانية في الوقت الذي توقع فيه اكتمال حجم العذق أي عند بداية التلوين. وقد تم استخدام الأدوات اليدوية في القياس مثل المسطرة والمتر. وتم الحرص على اختيار أعمار مختلفة للنخيل تراوحت بين ٨ إلى ١٥ سنة. وتم اختيار الأصناف الأكثر شيوعاً في المنطقة الوسطى وهي الخلاص والسكري ونبوت السيف.

٤-١ تحليل أوضاع العذق على النخلة:

في عملية دراسة أوضاع العذق، تم إجراء دراسة ميدانية في الوقت الذي توقع فيه اكتمال حجم العذق أي عند بداية التلوين. وقد تم استخدام الأدوات اليدوية في القياس مثل المسطرة والمتر. وتم الحرص على اختيار أعمار مختلفة للنخيل تراوحت بين ٨ إلى ١٥ سنة. تم اختيار الأصناف الأكثر شيوعاً في المنطقة الوسطى (منطقة الرياض) بالمملكة العربية السعودية وهي الخلاص والسكري ونبوت السيف. ويعرض شكل (٧٩) توزيع الأبعاد التي تمت دراستها بالنسبة لأوضاع العذوق على النخلة وتم تعريفهم كما يلي: القطر D ، والبعد عن الجذع L ، ونصف قطر حامل العذق R ، والمسافة الأفقية بين العذقين S . أخذت القراءات بفرض أن جميع العمليات الزراعية المطلوبة للنخلة تتم وفقاً للإرشادات الزراعية في المنطقة، وأن عمر النخيل تم أخذه من القائمين على المزرعة. واستخدم برنامج SAS (١٩٨٦م) لإيجاد الفروقات المعنوية بين الأصناف بالنسبة لخصائص العذوق واختبار أقل فرق معنوي في حالة المعنوية بين المعاملات عند مستوى

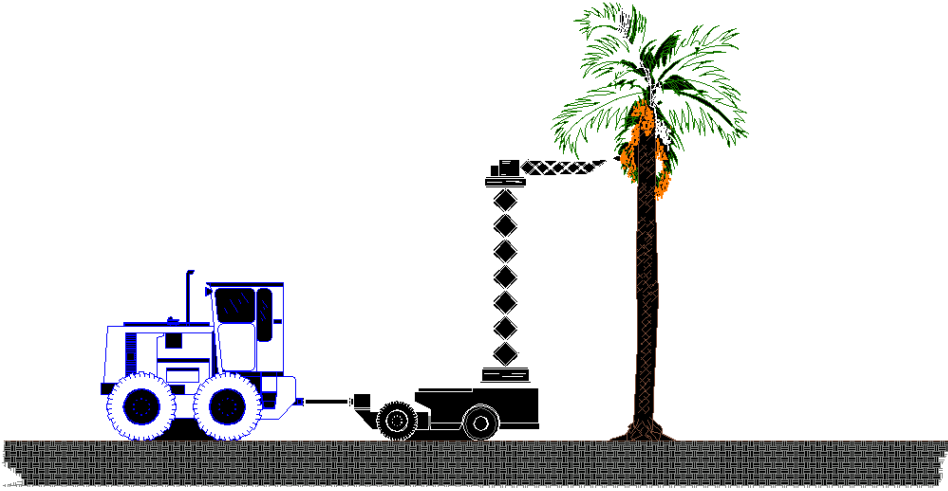
معنوية ٥٪، كما تم استخدام برنامج الأكسل لمعرفة الارتباطات بين تلك الخصائص وإيجاد علاقات الانحدار بين عمر النخلة والأبعاد.



شكل (٧٩): أبعاد العذق وتشمل القطر D وبعد العذق عن الجذع L ونصف قطر حامل العذق R والمسافة بين العذق والآخر S

٢-٤ تصميم الآلة وفقا للمقترح البحثي الأساسي:

في التصميم المقدم مع المقترح البحثي (شكل رقم ٨٠)، تم السعي إلى وجود مقطورة ملحقة بالجرار الزراعي بحيث يتم تركيب الرافعة العمودية ومن ثم الرافعة الأفقية على المقطورة. فقد تمت دراسة هذا التصميم بعناية مع التصميمات المقترحة الأخرى وفق ما ورد في الدراسات السابقة والتطبيقات الميدانية. ووجد أن هذا التصميم يتطابق مع منظومات الحصاد الأخرى ولكن له صعوبات أثناء التشغيل، لذا تم التفكير في استخدام الربوط (الذراع الآلي) مع رافعة هيدروليكية لتنفيذ مهمة الحصاد، وكانت هناك خطوات لتنفيذ ذلك.



شكل (٨٠): فكرة التصميم للمشروع المقدم مع المقترح البحثي .

٣-٤ المرحلة الأولى للتصميم على أساس الربوط :

في هذه المرحلة من المشروع تم استلام الذراع الآلي الأولي وشراء المعدة التلسكوبية ذاتية الحركة لرفع الذراع الآلية للنخلة. كما تم في تلك المرحلة تركيب الذراع الآلية على المعدة التلسكوبية وإجراء تجارب حقلية تمهيدية.

١-٣-٤ تفاصيل الذراع الآلي الأولى:

تم شراء ذراع آلي نوع Katana Robot Arm من شركة Neuronics ومواصفات الذراع مبينة في جدول (٣) وبياناته في الملحق (A). وصورة الذراع وصندوق التحكم مبينة في شكل (٨١). يتكون الذراع من ٦ مفاصل تتحرك للأعلى في خط مستقيم أو تتحرك بصورة منحنية.



شكل (٨١): صورة الذراع الآلي الأولي من شركة Neuronics .

جدول (٣): مواصفات الذراع الآلي الأولى من شركة Neuronics

Drive	DC motors with position encoders
Repeat accuracy	±0.1 mm
Degree of freedom	5 to 6
Working radius	Up to 60 cm
Mechanical design	High-strength aluminum, anodized
Net Weight	4.8 kg (without control box and gripper)
Max power	96 W(24 V/4A)
Speed	90°/sec
Working space	517 mm (without gripper)
Payload from flange	400 g
Force	4 N (in all directions)
Point speed	< 1 m / sec
Standard interfaces Digital I/O, Ethernet, Modbus TCP/IP, (additional I/O and PLC-connection), USB, LAN, Soft Stop, UPS, C++ interface, support for Python	

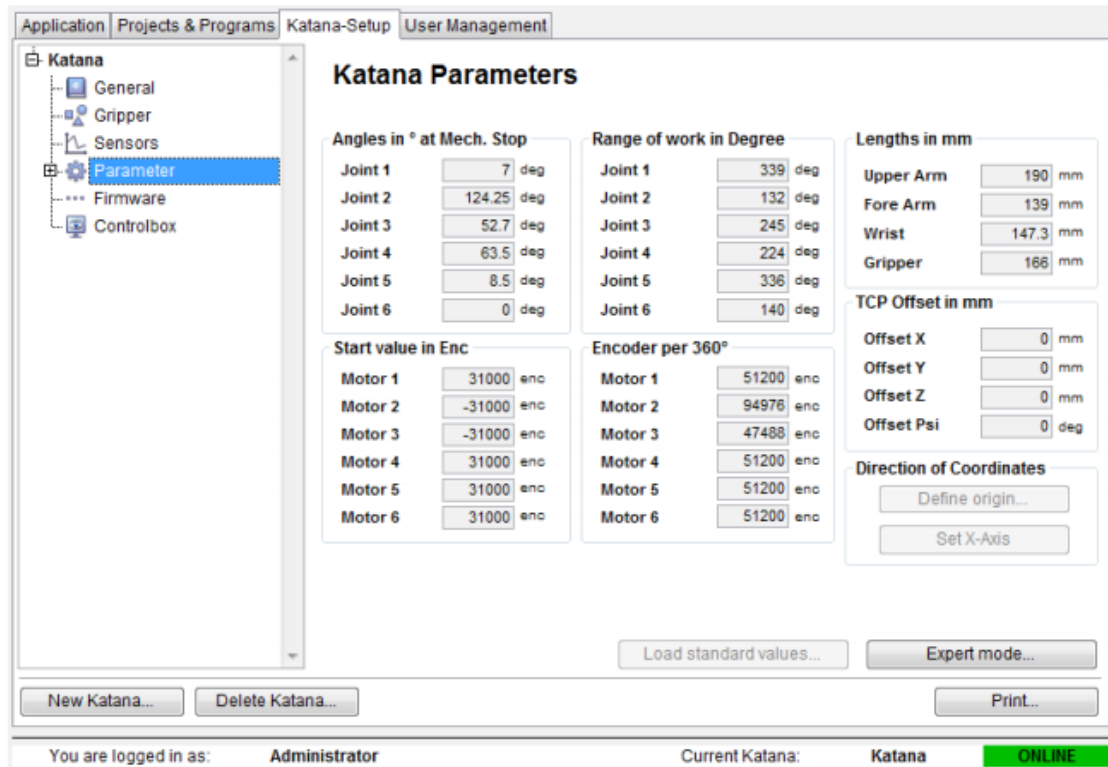
ويوضح شكل (٨٢) كيفية توصيل الذراع بالحاسب الآلي عن طريق كبل شبكة أو عن طريق وصلة USB كما في شكل (٨٣). ويوضح شكل (٨٤) المتغيرات التي تتحكم في حركة الذراع. ويوضح شكل (٨٥) وشكل (٨٦) مخطط للمهمة الممكن تنفيذها بالذراع. وشكل (٨٧) يوضح صندوق التحكم الخارجي في الذراع الآلية. وشكل (٨٨) يوضح خطوات تنفيذ برنامج السيطرة على الذراع الآلية. وشكل (٨٩) يوضح خطوات تنفيذ برنامج السيطرة على الذراع الآلية. ويستخدم برنامج السيطرة على الذراع الآلية برنامج مكتوب بلغة C++ أما زوايا التحرك المتاحة من الذراع موضحة في شكل (٨٩).



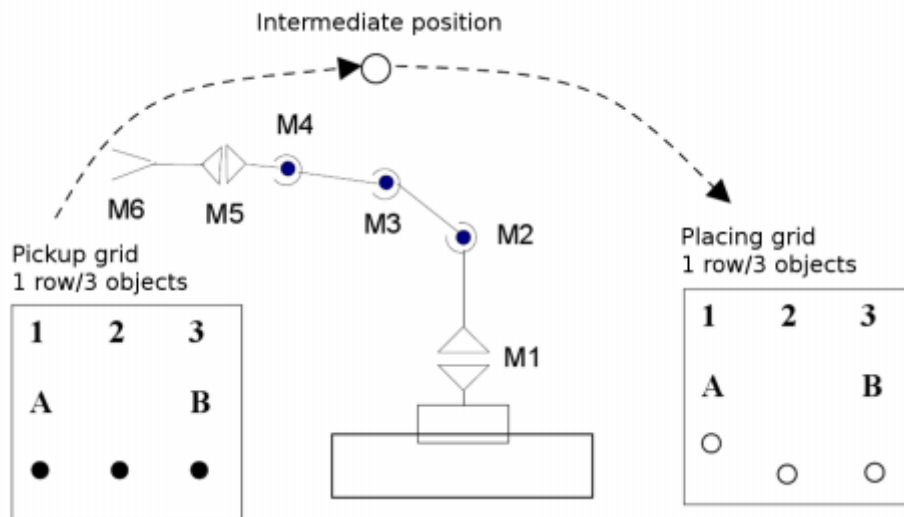
شكل (٨٢): كيفية توصيل الذراع بالحاسب الآلي عن طريق كبل شبكة.



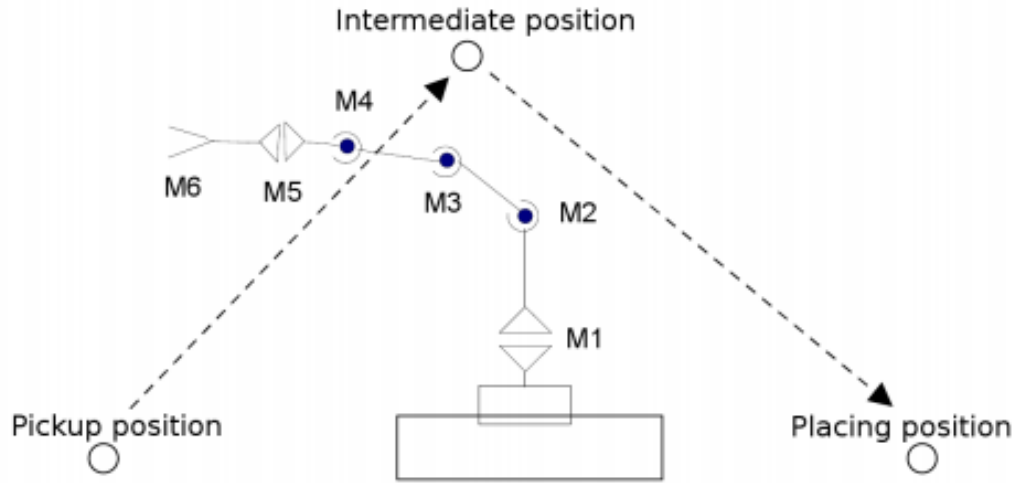
شكل (٨٣): كيفية توصيل الذراع بالحاسب الآلي عن طريق وصلة USB.



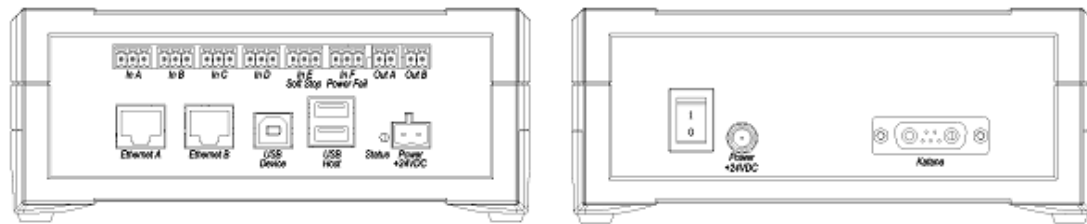
شكل (٨٤): المتغيرات التي تتحكم في حركة الذراع.



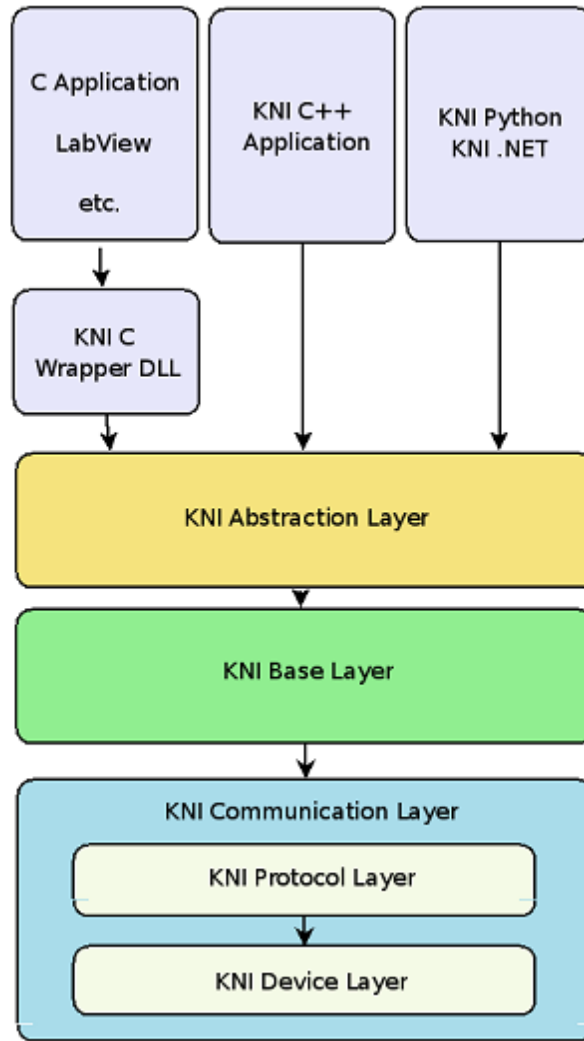
شكل (٨٥): مخطط للمهمة الممكن تنفيذها بالذراع.



شكل (٨٦): مخطط للمهمة الممكن تنفيذها بالذراع.



شكل (٨٧): صندوق التحكم الخارجي في الذراع الآلية.



شكل (٨٨): خطوات تنفيذ برنامج السيطرة على الذراع الآلية.

Joint	Absolute Angle	Relative Angle	Remark
Joint 1	339°	+/- 169.5°	
Joint 2	132°	+102° / -30°	
Joint 3	245°	+/- 122.5°	
Joint 4	224°	+/- 112°	
Joint 5	336°	+/- 168°	
Joint 6 (with flange)	329°	+ 299.5° / -29.5°	dependent upon the position of the stop screw

شكل (٨٩): زاويا التحرك المتاحة من الذراع الآلية.

٢-٣-٤ تفاصيل معدة رفع الذراع للنخلة ذاتية الحركة:

تم شراء آلة تلسكوبية رافعة ذاتية الحركة لحمل الذراع الآلي من نوع Caterpillar Telehandlers ، حيث ضرورة وجود آلة سهلة العمل والتحكم تقوم برفع الذراع الآلي بصورة سريعة ودقيقة إلى منطقة الخدمة مع وجود التوازن اللازم. وقد وجد أن الآلة التلسكوبية من أفضل الآلات لوجود المميزات المطلوب إضافة إلى المرونة في الحركة. بحيث يتم تثبيت الذراع الآلي في شوكتي الرافعة وتثبيت وحدة تجميع التمور أسفلها، بحيث تستطيع الآلة حمل ما لا يقل عن ٥٠٠ كجم من التمور إضافة إلى وزن الذراع الآلي ، شكل (٩٠) ومواصفات الآلة موضحة في جدول (٤).



شكل (٩٠): الآلة التلسكوبية الحاملة للذراع الآلي.

جدول (٤): مواصفات رافعة تلسكوبية ذاتية الحركة لحمل الذراع الآلي من نوع

.Caterpillar Telehandlers

Engine		
Engine Model	Cat 3054E / C4.4 ACERT (optional)	
Gross Power - Standard	74.5 kW	
Weights		
Operating Weight	7200 kg	
Operating Specifications		
Rated Load Capacity	3600 kg	
Maximum Lift Height	7200 mm	
Maximum Forward Reach	3800 mm	
Top Travel Speed	40 km/h	
Load at Max Height	2000 kg	
Load at Max Reach	1250 kg	
Dimensions		
Height	2270 mm	
Width	2350 mm	
Wheelbase	3050 mm	
Length to Fork Face	4960 mm	
Ground Clearance	425 mm	
Turning Radius over Tires	3600 mm	
Turning Radius over Forks	4670 mm	
Tires		
Standard	15.5/80-24 16 PR	
Hydraulic System		
Maximum System Pressure	250 bar	
Maximum Pump Flow	113 L/min	
Pump Type	Variable displacement load sensing axial piston pump	
Transmission Speeds		
Forward – 1	7 km/h	
Forward – 2	13 km/h	
Reverse – 1	7 km/h	
Reverse – 2	13 km/h	

٣-٣-٤ تجهيز الذراع الآلي الأولي للعمل على المعدة التلسكوبية:

تم تجهيز منصة platform لوضعها على شوكتي الرافعة، هذه المنصة طولها ٩٠ سم وعرضها ٢٥ سم وسمك ٥ مم مركب عليها قاعدة الذراع الآلي وصندوق لوضع صندوق التحكم للذراع ، هذه المنصة تتركب على شوكتي الرافعة الأمامية عن طريق مجريين من الحديد ذو عرض ١٢ سم لكي يتم وضع شوكة الرافعة داخلهما. تم إنشاء مكان لتجميع النمرور مكونة من قطعة من القماش لتكون مرنة وسهلة التحرك عن الدخول على النخلة لتنفيذ عملية الحصاد. ويوضح شكل (٩١) صورة الذراع الآلي بعد تركيبه على المنصة.

كما تشتمل المنصة لصندوق يوضع به جهاز التحكم في الذراع الآلي، هذا الجهاز يتم توصيله بمصدر قدرة ٢٤ فولت يتم الحصول عليها من خلال تحويله من بطارية المعدة التلسكوبية. ويتم التوصيل ما بين جهاز التحكم في الذراع الآلي وجهاز الحاسب الآلي الموضوع في مقصورة المعدة الزراعية، شكل (٩٢).



شكل (٩١): صورة المنصة عليها الذراع الآلي الأولى مركبة على شوكة الرافعة.



شكل (٩٢): يتم التوصيل ما بين جهاز التحكم في الذراع الآلي وجهاز الحاسب الآلي الموضوع في مقصورة المعدة الزراعية.

٤-٣-٤ مكان التجارب التمهيدية باستخدام الربوط الأولى:

تم إجراء التجارب الحقلية باستخدام الربوط الأولى في محافظة حريملاء، المملكة العربية السعودية، حيث تقع مدينة حريملاء في وسط المملكة العربية السعودية ، حوالي ٩٠ كيلو شمال غرب الرياض و ٨٢٠ متر فوق سطح البحر. والنخيل في المزرعة ارتفاعه حوالي مترين والمسافة بين النخيل ٩ متر وعدد العذوق على النخيل في المتوسط ٦ عذوق والمسافة بين العذوق على النخلة الواحدة في المتوسط ٥٠ سم. والتجارب تمت خلال شهر يونيو ٢٠٠٩ م والتمور مازلت في مرحلة التكوين.

٥-٣-٤ طرق التجارب التمهيدية باستخدام الربوط الأولى:

بعد الانتهاء من تثبيت الذراع الآلية وكافة التوصيلات للتحكم بالذراع، وعمل المعايرة للذراع للتأكد من تشغيل، كما هو موضح في شكل (٩٣)، تم التحرك بالرافعة إلى مكان النخيل وتشغيله ورفع الذراع إلى موضع التمر على النخلة ومن ثم التحكم في الذراع عن طريق الحاسب الآلي الموجود في كابينة الرافعة، وتوضح الأشكال (٩٤)، (٩٥)، (٩٦)، (٩٧)، (٩٨)، (٩٩) مراحل وصول الذراع للتمر على النخلة. ويوضح شكل (١٠٠) المنظومة متكاملة.



شكل (٩٣): عمل المعايرة للذراع الآلي للتأكد من التشغيل.



شكل (٩٤): توجيه شوكة الرافعة الحاملة للذراع الآلي ناحية النخلة.



شكل (٩٥): رفع شوكة الرافعة الحاملة للذراع الآلي ناحية النخلة.



شكل (٩٦): استمرار رفع شوك الرافعة الحاملة للذراع الآلي ناحية النخلة مع التوجيه.



شكل (٩٧): توجيه الذراع الآلي عن طريق الحاسب الآلي إلى الهدف.



شكل (٩٨): تلامس الذراع الآلي مع التمور.



شكل (٩٩): إجراء التواء للذراع (الجزء الأخير) لقص التمور وإسقاطها على الجزء القماش المعد لذلك.



شكل (١٠٠): المنظومة متكاملة (الرافعة، الذراع، الحاسب الآلي) أثناء العمل الحقلي.

٤-٣-٦ البيانات والقياسات باستخدام الربوط الأولى:

البيانات والقياسات في هذه المرحلة تمثلت في تشغيل الرافعة التلسكوبية لمعرفة أزمنة تحرك روافعها بدون وجود الذراع الآلي عليها . والتشغيل الحقلي للذراع الآلي الأولى وتجربته في الوصول إلى الهدف على النخلة والعمل في أي ناحية من العذق.

٤-٣-٧ القياسات المعملية لقوى القص لأفرع العذوق:

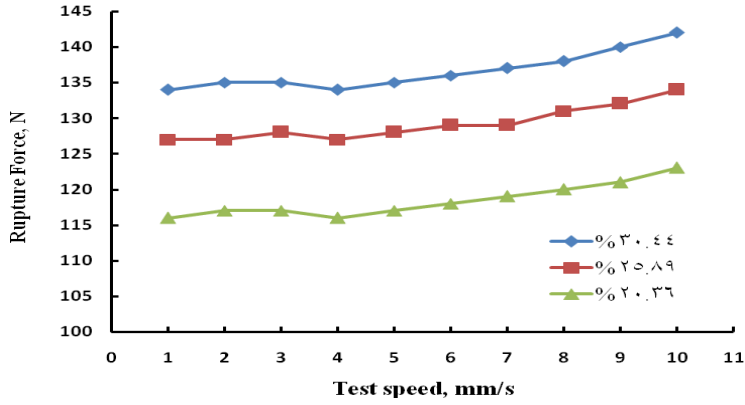
لمعرفة القوة اللازمة لقص الأفرع الحاملة للتمور فقد أجريت تجارب معملية بقسم الهندسة الزراعية، كلية الزراعة، جامعة الملك سعود باستخدام جهاز معلمي ، شكل (١٠١). حيث تم قص فرع واحد و ٣ أفرع مجمعة و ٥ أفرع مجمعة ، كما بشكل (١٠٢) عند مستويات رطوبة مختلفة لصنف البرحي عن طريق التجفيف الهوائي للأفرع وتم رسم علاقات لإيجاد قوة القص، كما بشكل (١٠٣).



شكل (١٠١): قياس القوة اللازمة لقص الأفرع الحاملة للتمور معمليا .



شكل (١٠٢) : تم قص فرع واحد و ٣ أفرع مجمعة و ٥ أفرع مجمعة .



شكل (١٠٣): علاقة قوة القص بسرعة الاختبار والمحتوى الرطوبي لأفرع العذوق.

٤-٣-٨ تطوير العمل بتركيب كاميرات على الرافعة واستخدام الربوط الأولى مع أداة القص:

إن تطوير منظومة نصف آلية لحصاد التمور باستخدام الذراع الآلية في مزارع المملكة العربية السعودية من مهام مشروع تصميم آلة نصف آلية لحصاد التمور الممول من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، حيث اعتمد ذلك على الدراسات الميدانية الحقلية للأوضاع الهندسية للتمور على النخيل للعديد من الأصناف، تم تحديد المواصفات الهندسية للذراع الآلي (الربوط) ودرجات حرية الحركة وتم تصميم وبناء الذراع وإعداد البرنامج التشغيلي بالتعاون مع إحدى الشركات العالمية. حيث أن جميع المحاولات السابقة لحصاد التمور كانت تعتمد على توصيل العامل إلى منطقة العمليات في أعلى النخلة والتي خلقت العديد من الإشكاليات الهندسية من حيث الحمل والتوازن وسرعة الأداء، أما هذا المشروع فالمنظومة تصل إلى منطقة العمليات ويقوم بالحصاد آلياً بتوجيه من وحدة الحاسب الآلي بتوجيه من كابينة القيادة أو على الأرض ويتميز هذا النظام بإمكانية العمل طوال الأربع وعشرين ساعة والدقة في الحصاد مع الأمل في إمكانية حصاد النخلة في مدة أقل من ١٠ دقائق من خلال التعديلات التي تتم، حيث أن التوجه العالمي لعمليات الحصاد في معظم المحاصيل الزراعية سوف يكون للذراع الآلية ومشتملاته ومكوناته. وتركزت الأهداف في الجزئية على الآتي:

١. وضع جهاز قص عذوق التمر على الذراع الآلية لحصاد التمور بسرعة وإنتاجية

عالية.

٢. تجربة الوضع الجديد للذراع الآلية بجهاز القص معمليا وحقليا.
٣. تركيب كاميرات على معدة رفع الربوط لرؤية التمور في النخيل العالي وعمل المحاكاة معمليا وحقليا لاختبار المنظومة متكاملة.

٤-٣-٨-١ وضع جهاز القص على الذراع الآلي الأولى :

تم شراء جهاز قطع ماركة DREMEL 400 DIGITAL صناعة المكسيك، لتركيبه على الذراع الآلية، حيث أن مواصفاته موضحة في جدول (٥). ويتكون جهاز القطع من موتور كهربى يعمل على ٢٢٠ فولت بسرعتين، طراز ٣٩٨ ، شكل (١٠٤) وطارة مسننة لعملية القطع قطرها ٣١,٨ مم وسمكها ٠,٦ مم وفتحة التثبيت ذات قطر ٩,٢ مم. والجهاز به نظام للتحكم يعطل الجهاز عند التعرض لصدمات ومزود بعمود يسمح بنقل السرعة الدورانية لطارة القطع ويوجد وسيلة حماية لطارة القطع ويمكنه القطع بصورة دائرية أو خطية. ويمكن ربط جهاز القطع مع الذراع الآلي كما بشكل (١٠٥). وتمت تجربة جهاز القطع في المعمل لقطع أفرع التمر كما بشكل (١٠٦) قبل تركيبه على الذراع الآلية. ثم تم تثبيت جهاز القطع على الذراع الآلي بطريقة يدوية وتجربته معمليا لقطع أفرع التمر كما بشكل (١٠٧) وشكل (١٠٨) وشكل (١٠٩) وشكل (١١٠). ومن خلال جهاز القطع يمكن قطع عذق النخل بدلا من جمع التمور منفردة كما في التجارب التمهيدية التي أجريت.



شكل (١٠٤): وضع الطارة المسننة لعملية القطع.



شكل (١٠٥): يمكن ربط جهاز القطع مع الذراع الآلي.



شكل (١٠٦): تجربة جهاز القطع في المعمل لقطع أفرع التمر.



شكل (١٠٧): جهاز القطع على الذراع الآلي وتجربته معمليا لقطع أفرع التمر.



شكل (١٠٨): يمكن التحكم في جهاز القطع على الذراع الآلي أثناء تجربته معمليا قطع
أفرع التمر.



شكل (١٠٩): أفرع التمر بعد قطعها بجهاز القطع على الذراع الآلي أثناء تجربته
معمليا.



شكل (١١٠): تجربة جهاز القص يدويا لقص أفرع التمر.

جدول (٥): مواصفات جهاز القص الذي يربط مع الذراع الآلي.

البيانات	البند
٢٣٠ فولت	الفولت
١٤٠ واط	القدرة
٣٣٠٠٠ - ٥٠٠٠ لفة في الدقيقة	عدد اللفات
٥٩٠ جرام	الوزن
٠,٨ و ١,٦ و ٢,٤ و ٣,٢ مم	قطر العمود للطارة
موجود	مفتاح تشغيل وقفل
شاشة رقمية	شاشة عرض للسرعة

٤-٣-٨-٢ وضع كاميرات على الرافعة:

تم تركيب كاميرات على معدة رفع الذراع الآلي كما بشكل (١١١) وعرض صورة العنق على شاشة عرض كما بشكل (١١٢). وتم تثبيت جهاز القص على الذراع الآلي بطريقة يدوية وتجربته معمليا لقص أفرع التمر كما بشكل (١١٣) وشكل (١١٤). تم تركيب الذراع الآلية بجهاز القص على الرافعة التي سترفعه لأعلى النخلة وتجربه المنظومة معمليا كما بالأشكال (١١٥)، (١١٦)، (١١٧)، (١١٨)، (١١٩).



شكل (١١١): تم تركيب كاميرات على معدة رفع الذراع الآلية.



شكل (١١٢): عرض صورة العنق على شاشة عرض.



شكل (١١٣): تثبيت جهاز القص على الذراع الآلي بطريقة يدوية وتجربته معمليا لقص أفرع التمر.



شكل (١١٤): تجربة جهاز القص والذراع الآلي معمليا لقص أفرع التمر.



شكل (١١٥): تحريك الذراع الآلي وجهاز القص بعد تثبيتهم على الرافعة.



شكل (١١٦): تغيير حركة الذراع الآلي وجهاز القص بعد تثبيتهم على الرافعة.



شكل (١١٧): تجربة ومحاكاة وصول الذراع الآلي وجهاز القص بعد تثبيتهم على الرافعة لعذق التمر.



شكل (١١٨): تغيير محاكاة حركة وصول الذراع الآلي وجهاز القص بعد تثبيتهم على الرافعة لعذق التمر.



شكل (١١٩): تغيير محاكاة حركة وصول الذراع الآلي وجهاز القص لإجراء عملية قص عذق التمر.

٤-٣-٨-٣ التجارب الحقلية الثانية في الوضع الجديد:

تم اختيار حقل في محافظة حريملاء للتجربة الحقلية الثانية كما هو موضح في شكل (١٢٠) واختيار عدة نخلات كما بشكل (١٢١) لإجراء التجارب الحقلية. وتجهيزات التجربة الحقلية موضحة في الأشكال (١٢٢) و (١٢٣). وتوضح الأشكال (١٢٤) و(١٢٥) عمل الذراع الآلي وجهاز القص والكاميرا في الحقل.



شكل (١٢٠): اختيار حقل في محافظة حريملاء للتجربة الحقلية.



شكل (١٢١): نخلة أثناء إجراء التجارب الحقلية.



شكل (١٢٢): الرافعة في الحقل أثناء تجهيز الذراع الآلية.



شكل (١٢٣): الرافعة في الحقل وعليها الذراع الآلية والكاميرا تمهيدا للتجربة.



شكل (١٢٤): عمل الذراع الآلي وجهاز القص والكاميرا في الحقل.



شكل (١٢٥): تغيير حركة عمل الذراع الآلي وجهاز القص والكاميرا في الحقل.

٩-٣-٤ تعديل كابينة الرافعة ومكان تجميع التمور على الرافعة:

نظرا للحاجة أثناء التجارب وجد أنه من الضروري توسيع كابينة الرافعة وتعديل مكان تجميع التمور، فقد أجريت هذه التعديلات بالورشة لتناسب العمل الحقل، وتعديلات كابينة الرافعة موضحة في شكل (١٢٦) وتعديلات مكان تجميع التمور موضحة بشكل (١٢٧)، كما تم الاستعانة بلمبات إضاءة على الرافعة.



شكل (١٢٦): تعديلات كابينة الرافعة.



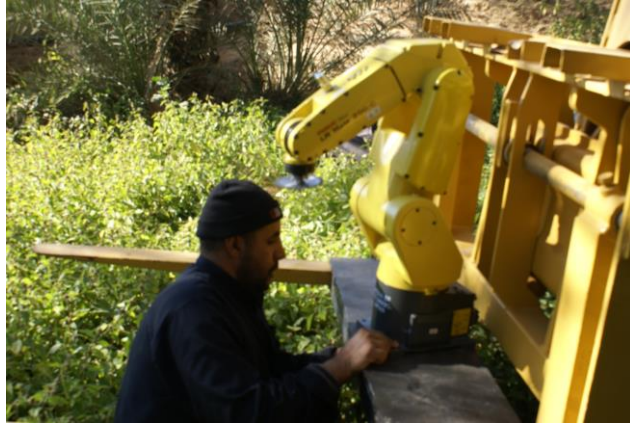
شكل (١٢٧): تعديلات مكان تجميع التمر.

٤-٤ المرحلة الثانية للتصميم على أساس الربوط الثاني:

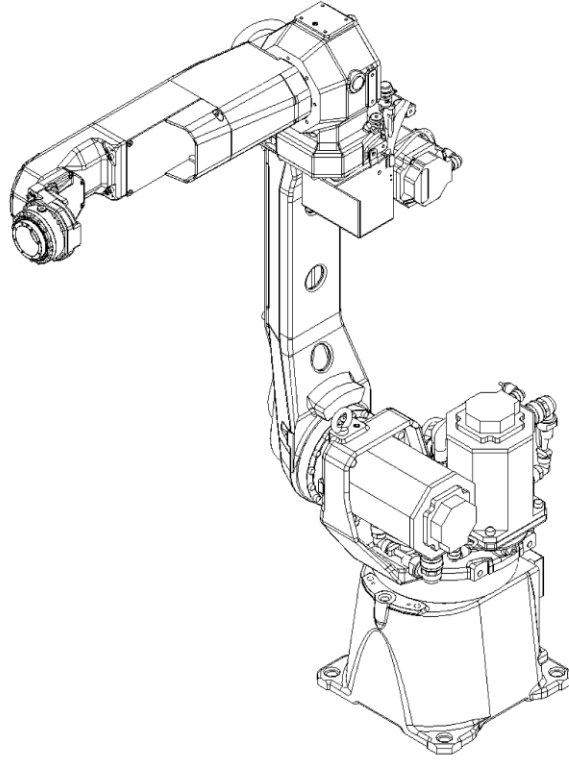
نظرا للحاجة إلى التشغيل الصناعي لآلة الحصاد فقد تم استبدال الربوط الأولي بربوط آخر قادر على حمل جهاز قص ذو قوة قص أكبر، شكل (١٢٨)، (١٢٩) وشكل (١٣٠)، وهو الربوط الثاني من نوع AM100iC من شركة FANUC ، وبيئته في الملحق (B) ومواصفاته في جدول (٦). هذا الربوط تم تصنيع منصة له لوضعها على شوكتي الرافعة، هذه المنصة طولها ٩٠ سم وعرضها ٣٥ سم وسمك ١٠ مم لها قاعدة لتركيبها على الرافعة لتحمله ، شكل (١٣١).



شكل (١٢٨): الربوط الثاني من نوع AM100iC من شركة FANUC يعمل في أغراض مختلفة.



شكل (١٢٩): الربوط الثاني من نوع AM100iC من شركة FANUC .



شكل (١٣٠): رسم تخطيطي للربوط الثاني من نوع AM100iC من شركة FANUC



شكل (١٣١) : منصة الربوط الثاني على الرافعة.

جدول (٦) مواصفات الربوط الثاني من نوع AM100iC من شركة FANUC .

Items	AM100iC	AM100iC/6L
Axes	6	6
Payload (kg)	10	6
Reach (mm)	1420	1632
Repeatability (mm)	±0.08	±0.1
Interference radius (mm)	262	262
Motion range (degrees)	J1	360
	J2	250
	J3	445
	J4	380
	J5	380 / 280(1)
	J6	720 / 540(1)
Motion speed (degrees/s)	J1	210
	J2	190
	J3	210
	J4	400
	J5	400
	J6	600
Wrist moments N-m (kgf-m)	J4	22 (2.2)
	J5	22 (2.2)
	J6	9.8 (1.0)
Wrist load inertia (kg-m²)	J4	.63
	J5	.63
	J6	.15
Mechanical brakes	All axes	All axes
Mechanical weight (kg)	130	135
Mounting method(2)	Floor, ceiling, angle, and wall	Floor, ceiling, angle, and wall
Installation environment	0 to 45	0 to 45
Temperature (°C)		
Humidity		
Vibration (m/s²)	Normally: 75% or less Short term (within a month): 95% or less No condensation 4.9 or less	
Payload at axis 3 (kg)	12	12

وتم تركيب الربوط على المنصة ليكون منظومة حصاد نصف آلي تسمى:

Mobile Robot Unit for Date Harvesting (MRUDH)

حيث تم تشغيل الـ MRUDH في الحقل لمعرفة قدرتها على الوصول للتمر على النخلة وحصاده. ويوضح شكل (١٣٢) الربوط الثاني مع وحدة تجميع التمر على المنصة، وتم تركيب قرص القص على النهاية الطرفية للربوط لكي يتم التحكم فيه بشكل كامل من خلال التحكم في الجزء الأخير من الربوط ويوضح شكل (١٣٣) وضع القرص المستخدم في القص على الذراع الآلية.



شكل (١٣٢): الربوط الثاني على المنصة.



شكل (١٣٣): وضع القرص المستخدم في القص على الذراع الآلية.

تم إجراء التجارب الحقلية باستخدام الربوط الثاني في محافظة حريملاء، المملكة العربية السعودية. فبعد الانتهاء من تثبيت الذراع الآلية وكافة التوصيلات للتحكم بالذراع الثاني ، وعمل المعايرة للذراع للتأكد من تشغيل. تم التحرك بالرافعة إلى نخله وتشغيل الروافع لرفع الذراع إلى موضع التمر على النخلة ومن ثم التحكم في الذراع عن طريق شخص على الأرض من يد التحكم ، وتوضح الأشكال (١٣٤)، (١٣٥)، (١٣٦)، (١٣٧)، (١٣٨)، (١٣٩) و (١٤٠) و (١٤١) مراحل التركيب ووصول الذراع الآلي الثانية للتمر على النخلة.



شكل (١٣٤): مرحلة تثبيت الذراع على المنصة على شوكتي الرافعة.



شكل (١٣٥): مرحلة تركيب كابل التحكم في الربوط الثاني في الحقل.



شكل (١٣٦): بداية الرفع.



شكل (١٣٧): استمرار الرفع.



شكل (١٣٨): اقتراب الذراع الآلي من العذوق.



شكل (١٣٩): اقتراب الذراع الآلي من العذوق والتعامل معها لقصها.



شكل (١٤٠): صعود الذراع الآلي فوق العذوق .



شكل (١٤١): الرافعة والذراع الآلي يتعاملان مع النخلة.

الفصل الخامس النتائج والمناقشة

يتم استعراض النتائج على حسب مراحل تطور المشروع في المرحلة الأولى منه تم قياس أوضاع العذق على النخلة لاختيار طول الذراع الآلي المناسب، لذا تركزت نتائج هذه المرحلة في دراسة أوضاع عذق النخلة والتصميم المقترح لحامل الآلة.

١-٥ التحليل الإحصائي والعلاقات لأوضاع العذق على النخلة واختيار طول الذراع الآلي الأولى:

من أجل الوصول لحصاد نخيل التمر بالذراع الآلية تم دراسة أوضاع العذق على النخلة والأبعاد المرتبطة بتوزيعه على النخلة مع اختلاف عمر النخلة والصنف. وفي عملية دراسة أوضاع العذق، تم إجراء دراسة ميدانية في الوقت الذي توقع فيه اكتمال حجم العذق أي عند بداية التلوين. وقد تم استخدام الأدوات اليدوية في القياس مثل المسطرة والمتر. وتم الحرص على اختيار أعمار مختلفة للنخيل تراوحت بين ٨ إلى ١٥ سنة.

تم اختيار الأصناف الأكثر شيوعاً في المنطقة الوسطى (منطقة الرياض) بالمملكة العربية السعودية وهي الخلاص والسكري ونبوت السيف. ويعرض شكل (٧٩) توزيع الأبعاد التي تمت دراستها بالنسبة لأوضاع العذوق على النخلة وتم تعريفهم كما يلي: القطر D ، والبعد عن الجذع L ، ونصف قطر حامل العذق R ، والمسافة الأفقية بين العذقين S . أخذت القراءات بفرض أن جميع العمليات الزراعية المطلوبة للنخلة تتم وفقاً للإرشادات الزراعية في المنطقة وأن عمر النخيل تم أخذه من القائمين على المزرعة. أخذت القياسات من مزرعة هيف القحطاني على طريق الرياض الخرج السريع ومزرعة المحمدية والفيصلية وسنابل ومزرعة الأمير بندر بن أحمد السديري طريق الرياض - الخرج القديم.

استخدم برنامج SAS (1986) لإيجاد الفروقات المعنوية بين الأصناف بالنسبة لخصائص العذوق واختبار أقل فرق معنوي في حالة المعنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية ٥٪، كما تم استخدام برنامج الأكل لمعرفة الارتباطات بين تلك الخصائص وإيجاد علاقات الانحدار بين عمر النخلة والأبعاد.

يوضح جدول (٧) معايير إحصائية لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة لصنف التمر الخلاص عند أعمار مختلفة. أما جدول (٨) فيوضح معايير إحصائية لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة لصنف التمر سكري عند أعمار مختلفة و جدول (٩) يوضح معايير إحصائية لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة لصنف التمر نبوت سيف عند عمر ١٥ سنة و جدول (١٠) يوضح معايير إحصائية لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة لصنف التمر خضري عند عمر ١٠ سنوات. هذه الخصائص متمثلة في قطر العذق D ، وبعد العذق عن الجذع L ، ونصف قطر حامل العذق R ، والمسافة الأفقية بين العذقين S .

جدول (٧): معايير إحصائية لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة لصنف التمر الخلاص عند أعمار مختلفة.

S				R				L				D				معايير إحصائية
المسافة الأفقية بين العذقين				نصف قطر حامل العذق				بعد العذق عن الجذع				قطر العذق				
15	12	10	8	15	12	10	8	15	12	10	8	15	12	10	8	
24.8	40.8	22.5	33.0	71.3	72.6	68.0	59.8	59.8	58.2	46.8	65.8	44.7	37.8	38.3	37.8	المتوسط الحسابي (سم)
46.0	72.0	40.0	50.0	88.0	100.0	97.0	84.0	67.0	85.0	60.0	90.0	49.0	45.0	49.0	43.0	أكبر قيمة (سم)
15.0	15.0	10.0	15.0	59.0	37.0	42.0	30.0	53.0	40.0	35.0	42.0	40.0	30.0	30.0	32.0	أقل قيمة (سم)
11.8	15.8	9.4	16.4	13.7	17.5	15.7	21.2	6.0	14.5	8.3	18.7	3.4	3.7	5.7	4.6	الانحراف القياسي (سم)
47.5	38.6	41.7	49.8	19.2	24.1	23.1	35.5	10.1	25.0	17.6	28.4	7.6	9.7	14.8	12.2	معامل الاختلاف %

من جدول (٧) نجد أنه لا يوجد اتجاه محدد لقطر العذق D بالسم بالنسبة لعمر النخلة age بالسنوات فهو متقارب عند أعمار ٨ و ١٠ و ١٢ سنة واختلف عند عمر ١٥ سنة، ونجد أن معامل الاختلاف تراوح ما بين ٧ إلى ١٤٪.

ووجد أن العلاقة بين قطر العذق وعمر النخلة يأخذ شكل علاقة كثيرة الحدود بمعامل تحديد r^2 قدره ٠,٩٤٨ والعلاقة كما في معادلة (١) لصنف التمر الخلاص.

$$D = 62.6 - 5.17 \times age + 0.264 \times age^2 \dots\dots\dots (1)$$

ومن جدول (٧) نجد أنه لا يوجد اتجاه لبعده العذق عن الجذع L بالسم بالنسبة لعمر النخلة age بالسنوات فهو متقارب عند أعمار ١٢ و ١٥ سنة واختلف عند عمر ٨

و ١٠ سنوات، ونجد أن معامل الاختلاف تراوح ما بين ١٠ إلى ٢٨٪. ووجد أن العلاقة بين بعد العنق عن الجذع وعمر النخلة يأخذ شكل علاقة كثيرة الحدود بمعامل تحديد r^2 قدره ٠,٩٩٨، والعلاقة كما في معادلة (٢) لصنف التمر الخلاص.

$$L = 1108.7 - 282.28 \times age + 24.514 \times age^2 - 20.6905 \times age^3 \dots\dots\dots (2)$$

ومن جدول (٧) نجد أن نصف قطر حامل العنق R بالسهم بالنسبة لعمر النخلة age بالسنوات يزداد بزيادة العمر ولكنه عند عمر ١٥ سنة يقل، ونجد أن معامل الاختلاف تراوح ما بين ١٩ إلى ٣٥٪. ووجد أن العلاقة بين نصف قطر حامل العنق وعمر النخلة يأخذ شكل علاقة كثيرة الحدود بمعامل تحديد r^2 قدره ٠,٩٩٩، والعلاقة كما في معادلة (٣) لصنف التمر الخلاص.

$$R = -14.602 + 13.368 \times age - 0.509 \times age^2 \dots\dots\dots (3)$$

ومن جدول (٧) نجد أنه لا يوجد اتجاه للمسافة الأفقية بين العنقين على النخلة S بالسهم بالنسبة لعمر النخلة age بالسنوات، ونجد أن معامل الاختلاف تراوح ما بين ٣٨ إلى ٤٩٪. ووجد أن العلاقة بين المسافة الأفقية بين العنقين على النخلة وعمر النخلة يأخذ شكل علاقة كثيرة الحدود بمعامل تحديد r^2 قدره ٠,٩٩٨، والعلاقة كما في معادلة (٤) لصنف التمر الخلاص.

$$S = 1254 - 344.77 \times age + 31.44 \times age^2 - 0.928 \times age^3 \dots\dots\dots (4)$$

من جدول (٨) نجد أن قطر العنق D بالسهم يزداد مع زيادة عمر النخلة age بالسنوات، ونجد أن معامل الاختلاف في حدود ١١٪. ووجد أن العلاقة بين قطر العنق وعمر النخلة يأخذ شكل علاقة خطية بمعامل تحديد r^2 قدره ٠,٩٧٤، والعلاقة كما في معادلة (٥) لصنف التمر سكري.

$$D = 35.534 + 0.473 \times age \dots\dots\dots (5)$$

جدول (٨): معايير إحصائية لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة لصنف التمر سكري عند أعمار مختلفة.

S			R			L			D			معايير إحصائية
المسافة الأفقية بين العذقين			نصف قطر حامل العذق			بعد العذق عن الجذع			قطر العذق			
14	12	8	14	12	8	14	12	8	14	12	8	
39.0	32.5	27.8	78.3	66.0	73.8	53.3	25.0	44.3	42.0	41.5	39.3	المتوسط الحسابي (سم)
57.0	35.0	50.0	98.0	67.0	87.0	60.0	26.0	60.0	47.0	45.0	47.0	أكبر قيمة (سم)
20.0	30.0	10.0	60.0	65.0	66.0	47.0	24.0	27.0	36.0	38.0	35.0	أقل قيمة (سم)
19.2	3.5	14.4	15.7	1.4	6.8	5.9	1.4	13.0	5.0	4.9	4.4	الانحراف القياسي (سم)
49.2	10.9	51.9	20.0	2.1	9.2	11.0	5.7	29.5	11.8	11.9	11.2	معامل الاختلاف %

ومن جدول (٨) نجد أنه بعد العذق عن الجذع L بالسم يقل بزيادة عمر النخلة age بالسنوات ثم عند عمر ١٤ سنة للنخلة يزداد، ونجد أن معامل الاختلاف تراوح ما بين ٥ إلى ٢٩٪. ووجد أن العلاقة بين بعد العذق عن الجذع وعمر النخلة يأخذ شكل علاقة كثيرة الحدود بمعامل تحديد r^2 قدره ٠,٩٩٨، والعلاقة كما في معادلة (٦) لصنف التمر سكري.

$$L = 385.5 - 67.94 \times age + 3.156 \times age^2 \dots\dots\dots (6)$$

ومن جدول (٨) نجد أن نصف قطر حامل العذق R بالسم بالنسبة لعمر النخلة age بالسنوات يقل من عمر ٨ إلى ١٢ سنة ثم عند عمر ١٤ سنة يزداد، ونجد أن معامل الاختلاف تراوح ما بين ٢ إلى ٢٠٪. ووجد أن العلاقة بين د نصف قطر حامل العذق وعمر النخلة يأخذ شكل علاقة كثيرة الحدود بمعامل تحديد r^2 قدره ٠,٩٩٩، والعلاقة كما في معادلة (٧) لصنف التمر سكري.

$$R = 218.25 - 28.81 \times age + 1.344 \times age^2 \dots\dots\dots (7)$$

ومن جدول (٨) نجد أن المسافة الأفقية بين العذقين على النخلة S بالسم تزداد بزيادة عمر النخلة age بالسنوات، ونجد أن معامل الاختلاف تراوح ما بين ١٠ إلى ٥١٪. ووجد أن العلاقة بين المسافة الأفقية بين العذقين على النخلة وعمر النخلة يأخذ شكل علاقة خطية بمعامل تحديد R^2 قدره ٠,٩٢٤، والعلاقة كما في معادلة (٨) لصنف التمر سكري.

$$S = 12.946 + 1.777 \times age \dots\dots\dots (8)$$

جدول (٩): معايير إحصائية لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة لصنف التمر نبوت سيف عند عمر ١٥ سنة.

S	R	L	D	معايير إحصائية
20.7	115.0	66.6	52.1	المتوسط الحسابي (سم)
40.0	135.0	80.0	90.0	أكبر قيمة (سم)
15.0	75.0	52.0	36.0	أقل قيمة (سم)
8.9	18.7	10.6	18.0	الانحراف القياسي (سم)
42.8	16.3	16.0	34.5	معامل الاختلاف %

بمقارنة نصف قطر حامل العذق R نجد أن أكبر قيمة له كمتوسط حسابي حوالي ١١٥ سم لصنف التمر نبوت سيف عند عمر ١٥ سنوات، جدول (٩) ، أما بالنسبة لصنف التمر خضري نجد أن قيمته ٦٩,٩ سم عند عمر ١٠ سنوات ، جدول (١٠). ونجد أن المسافة الأفقية بين العذقين على النخلة لصنف التمر نبوت سيف عند عمر ١٥ سنوات، جدول (٩) ، كمتوسط حسابي حوالي ٢٠,٧ سم أما بالنسبة لصنف التمر خضري نجد أن قيمتها ٣٤,٦ سم عند عمر ١٠ سنوات ، جدول (١٠). ولمعرفة الارتباط بين خصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة والتي تشمل قطر العذق D ، وبعد العذق عن الجذع L ، ونصف قطر حامل العذق R ، والمسافة الأفقية بين العذقين S تم إيجاد معامل الارتباط، كما هو موضح في جدول (١١).

جدول (١٠): معايير إحصائية لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة لصنف التمر خضري عند عمر ١٠ سنوات.

S	R	L	D	معايير إحصائية
34.6	69.9	48.2	37.5	المتوسط الحسابي (سم)
64.0	85.0	70.0	45.0	أكبر قيمة (سم)
10.0	47.0	20.0	30.0	أقل قيمة (سم)
16.7	13.1	15.9	3.9	الانحراف القياسي (سم)
48.2	18.7	33.0	10.5	معامل الاختلاف %

نجد أن هناك ارتباط موجب عند عمر ٨ سنوات لصنف إخلاص بين قطر العذق D ، وبعد العذق عن الجذع L ، ونصف قطر حامل العذق R ، وارتباط عكسي مع المسافة الأفقية بين العذقين S كما أن هناك ارتباط موجب بين بعد العذق عن الجذع L ونصف قطر حامل العذق R وهناك ارتباط عكسي بين نصف قطر حامل العذق R والمسافة الأفقية بين العذقين S. تلك الارتباطات اختلفت لنفس الصنف عند عمري ١٠ و ١٢ سنة. ولصنف التمر السكري، نجد أن هناك ارتباط عكسي بين قطر العذق D والمسافة الأفقية بين العذقين S عند أي عمر للنخلة وتراوح من ارتباط ضعيف عند عمر ٨ سنوات إلى ارتباط قوي عند زيادة العمر للنخلة، جدول (١١). وأيضا لصنف التمر إخلاص نجد أن هناك ارتباط عكسي بين قطر العذق D والمسافة الأفقية بين العذقين S عند أي عمر للنخلة وتراوح من ارتباط ضعيف عند عمر ١٢ سنة إلى ارتباط قوي عند عمر ٨ سنوات للنخلة، جدول (١١). بينما لصنفي التمر نبوت سيف والخضري نجد أن هناك ارتباط عكسي ضعيف بين قطر العذق D والمسافة الأفقية بين العذقين S .

ونظرا لعدم كفاية البيانات تم إجراء التحليل الإحصائي لكل مزرعة على حده ولكل صنف ، حيث يوضح جدول (١٢) تحليل التباين لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة والتي تشمل قطر العذق D ، وبعد العذق عن الجذع L ، ونصف قطر حامل العذق R ، والمسافة الأفقية بين العذقين S وتأثره بعمر النخلة لصنف إخلاص في المزرعة الأولى، فنجد أنه لا يوجد تأثير معنوي للعمر على أي من تلك الخصائص. بينما جدول (١٣) يوضح تحليل التباين لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة والتي تشمل قطر العذق D ، وبعد العذق عن الجذع L ، ونصف قطر حامل العذق R ، والمسافة الأفقية بين العذقين S وتأثره بعمر النخلة لصنف إخلاص في المزرعة الثالثة.

جدول (١١): معاملات الارتباط بين خصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة لأصناف التمر وأعمار النخلة المختلفة.

	صنف إخلاص													
	عمر ٨ سنوات				عمر ١٠ سنوات				عمر ١٢ سنة					
	D	L	R	S	D	L	R	S	D	L	R	S		
D	1				D	1			D	1				
L	0.5275	1			L	-0.4933	1		L	0.0323	1			
R	0.9463	0.3153	1		R	0.7184	-0.3688	1	R	-0.1209	-0.1480	1		
S	-0.9649	-0.5098	-0.9372	1	S	-0.6045	0.6591	-0.4428	1	S	-0.0227	0.5444	0.0981	1
	صنف إخلاص				صنف خضري				صنف نيوت سيف					
	عمر ١٥ سنة				عمر ١٠ سنوات				عمر ١٥ سنة					
	D	L	R	S	D	L	R	S	D	L	R	S		
D	1				D	1			D	1				
L	0.0655	1			L	-0.2649	1		L	0.2282	1			
R	-0.3419	0.0226	1		R	-0.3455	0.1783	1	R	0.3372	0.2263	1		
S	-0.4576	-0.7650	0.3953	1	S	-0.2242	0.2480	0.6149	1	S	-0.2938	-0.3412	-0.8543	1
	صنف سكري				صنف سكري				صنف سكري					
	عمر ٨ سنوات				عمر ١٤ سنة				عمر ١٢ سنة					
	D	L	R	S	D	L	R	S	D	L	R	S		
D	1				D	1			D	1				
L	-0.4567	1			L	0.8486	1		L	-1.0000	1			
R	0.8217	-0.2642	1		R	0.2955	0.5116	1	R	-1.0000	1.0000	1		
S	-0.2783	-0.3332	-0.1660	1	S	-0.9193	-0.9730	-0.5727	1	S	-1.0000	1.0000	1.0000	1

جدول (١٢): تحليل التباين لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة والتي تشمل قطر العذق D ، وبعد العذق عن الجذع L ، ونصف قطر حامل العذق R ، والمسافة الأفقية بين العذقين S وتأثره بعمر النخلة لصنف إخلاص في المزرعة الأولى.

مستوى المعنوية				Mean Square				درجات الحرية	مصدر الاختلافات
D	L	R	S	D	L	R	S		
NS	NS	NS	NS	14.67	408.6	3.34	200.3	2	عمر النخلة
				10.43	121.7	157.0	84.1	10	الخطأ
								13	الكلية

NS: غير معنوي.

جدول (١٣): تحليل التباين لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة والتي تشمل قطر العذق D ، وبعد العذق عن الجذع L ، ونصف قطر حامل العذق R ، والمسافة الأفقية بين العذقين S وتأثره بعمر النخلة لصنف الخلاص في المزرعة الثالثة.

مستوى المعنوية				Mean Square				درجات الحرية	مصدر الاختلافات
D	L	R	S	D	L	R	S		
NS	NS	NS	NS	16.13	26.41	1197.6	112.7	2	عمر النخلة
				7.99	223.59	348.2	270.5	17	الخطأ
								20	الكلي

NS: غير معنوي.

وجداول (١٤) يوضح تحليل التباين لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة وتأثره بعمر النخلة لصنف سكري في المزرعة الأولى. بينما جدول (١٥) يوضح تحليل التباين لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة والتي تشمل قطر العذق D ، وبعد العذق عن الجذع L ، ونصف قطر حامل العذق R ، والمسافة الأفقية بين العذقين S وتأثره بعمر النخلة والمزرعة لصنف إخلاص. ومن جدول (١٥) نجد أن للمزرعة تأثير معنوي على قطر العذق D والمسافة الأفقية بين العذقين S ولا يوجد تأثير لها على بعد العذق عن الجذع L ونصف قطر حامل العذق R أما عمر النخلة فليس له هو والتداخل بين عمر النخلة والمزرعة تأثير معنوي على تلك الخصائص، حيث عمر النخلة كان ٨ و ١٢ سنة في المزرعتين.

جدول (١٤): تحليل التباين لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة والتي تشمل قطر العذق D ، وبعد العذق عن الجذع L ، ونصف قطر حامل العذق R ، والمسافة الأفقية بين العذقين S وتأثره بعمر النخلة لصنف سكري في المزرعة الأولى.

مستوى المعنوية				Mean Square				درجات الحرية	مصدر الاختلافات
D	L	R	S	D	L	R	S		
NS	NS	NS	NS	20.17	216.0	54.0	337.5	1	عمر النخلة
				20.95	129.4	105.8	255.9	10	الخطأ
								12	الكلي

NS: غير معنوي.

جدول (١٥): تحليل التباين لخصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة والتي تشمل قطر العذق D ، وبعد العذق عن الجذع L ، ونصف قطر حامل العذق R ، والمسافة الأفقية بين العذقين S وتأثره بعمر النخلة والمزرعة لصنف الخلاص.

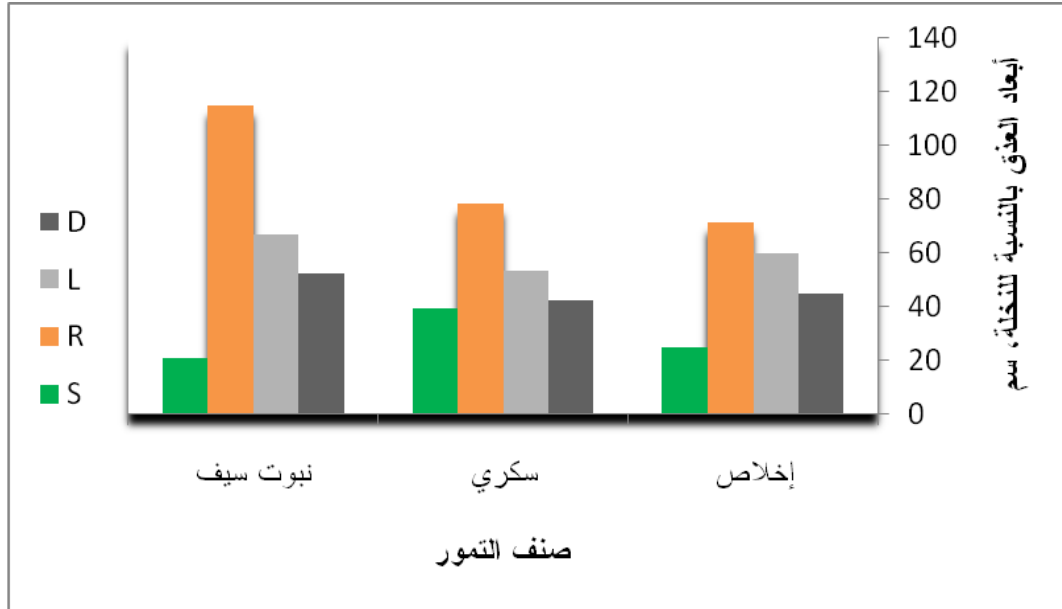
مستوى المعنوية				Mean Square				درجات الحرية	مصدر الاختلافات
D	L	R	S	D	L	R	S		
**	NS	NS	*	168.0	40.0	859.1	1066.5	1	المزرعة
NS	NS	NS	NS	22.9	275.6	845.5	30.9	1	عمر النخلة
NS	NS	NS	NS	3.9	585.2	1046.3	411.3	1	المزرعة × العمر
				7.2	228.8	300.4	223.5	21	الخطأ
								25	الكلية

NS: غير معنوي.

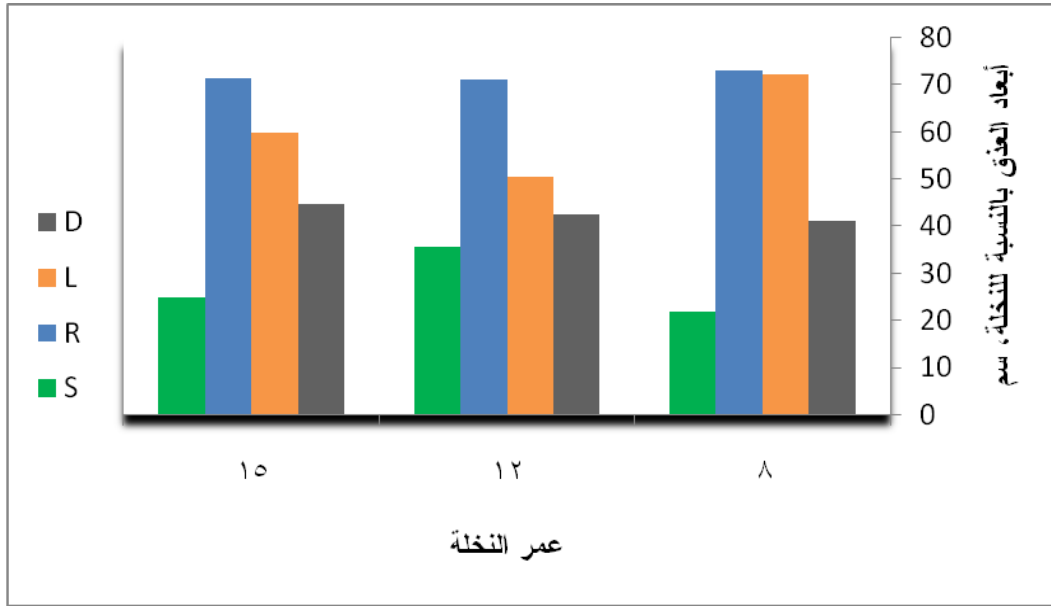
ونجد أن شكل (١٤٢) يوضح علاقة صنف التمر عند عمر ١٥ سنة وأبعاد العذق على النخلة في مزرعة هيف، نجد أن صنف نبوت سيف له قطر العذق D أكبر من الصنفين الآخرين بينما المسافة الأفقية بين العذقين لنفس الصنف لها أقل قيمة مقارنة مع الصنفين الآخرين. بينما شكل (١٤٣) يوضح علاقة عمر النخلة بأبعاد العذق على النخلة لصنف إخلاص في مزرعة هيف، نجد أن نصف قطر حامل العذق R تقريبا متساوي لجميع الأعمار بينما هناك تغير واضح في قيمة بعد العذق عن الجذع L والمسافة الأفقية بين العذقين S أما قطر العذق D فالتغير فيه بين الأعمار قليل.

من هذه النتائج نجد أن تطوير الزراعة يحتاج إلى إيجاد معدات زراعية ذكية تحاكي عمل الإنسان وخصوصا في عمليات الحصاد، ومع تزايد عدد النخيل المزروع ومحدودية توفر العمالة المدربة وزيادة تكاليف حصاد التمر في المملكة العربية السعودية، جعل الاهتمام يزداد في رفع كفاءة عمليات حصاد التمر. ومن أجل تصميم آلة نصف آلية لحصاد التمر بزارع آلية، يجب دراسة خصائص العذق بالنسبة لوضعه على النخلة، حتى يمكن معرفة الأبعاد المرتبطة بتحريك آليات آلة حصاد. هذه الأبعاد شملت قطر العذق D ، وبعد العذق عن الجذع L ، ونصف قطر حامل العذق R ، والمسافة الأفقية بين العذقين S ومتوسطاتها هي ٣٧,٥ سم و ٤٨,٢ سم و ٦٩,٩ سم و ٣٤,٦ سم على الترتيب لصنف خضري ولصنف السكري كانت تلك القيم على الترتيب هي ٣٩,٤ سم و ٤٤,٥ سم و ٧١,٨ سم و ١٩,٤ سم، والمسافة

الأفقية بين العذقين S هي الأكبر لصنف خضري وهي الأقل لصنف السكري مقارنة مع الصنفين الآخرين. والمسافة الأفقية بين العذقين على النخلة S تزداد بزيادة عمر النخلة والعلاقة بينهما يأخذ شكل علاقة خطية. ولصنف إخلاص نجد أن نصف قطر حامل العذق R تقريبا متساوي لجميع الأعمار بينما هناك تغير واضح في قيمة بعد العذق عن الجذع L والمسافة الأفقية بين العذقين S أما قطر العذق D فالتغير فيه بين الأعمار قليل. وهناك تأثير معنوي للمزرعة على قطر العذق D والمسافة الأفقية بين العذقين S ولا يوجد تأثير لها على بعد العذق عن الجذع L ونصف قطر حامل العذق R أما عمر النخلة فليس له هو والتداخل بين عمر النخلة والمزرعة له تأثير معنوي على تلك الخصائص.



شكل (١٤٢): علاقة صنف التمور عند عمر ١٥ سنة وأبعاد العذق على النخلة في مزرعة هيف.



شكل (١٤٣): علاقة عمر النخلة بأبعاد العذق على النخلة لصنف الخلاص في مزرعة هيف.

وبناء على هذه النتائج تم اختيار ذراع آلي أولى من شركة Neuronics والموضح في الشكل (٨١) ومواصفاته في جدول (٣). هذا الذراع تمت تجربته في التجارب التمهيدية، حيث كان نصف قطر تشغيله أكثر من ٦٠٠مم. والتشغيل كان لمعرفة قدرة منظومة الحصاد نصف الآلي (الذراع الآلي الأولي موضوع على الرافعة) للوصول للتمر على النخيل من عدمه.

حيث يتميز هذا الذراع الآلي بالميزات التالية:

- Direct hand-in-hand cooperation with human users and operators
- Fastest changeover times
- Low installation and maintenance costs
- Light-weight and small.

٥-٢ نتائج التجارب التمهيديّة لمنظومة الحصاد نصف الآليّة (الذراع الآلي الأولى موضوع على الرافعة):

تمت التجارب، حيث كان التمر لم يصل للنضج النهائي والتشغيل كان لمعرفة قدرة المنظومة المطورة للوصول للثمرة على النخل، لذا تم تشغيل المعدة حقلًا وتسجيل أزمنة رفع وخفض الرافعة وعليها الذراع الآليّة. وتم تشغيل الرافعة التلسكوبية لمعرفة أزمنة تحرك روافعها بدون وجود الذراع الآلي عليها وتوضح النتائج في جدول (١٦).

وتوضح الأشكال (١٤٤)، (١٤٥)، (١٤٦)، (١٤٧) أداء الذراع الآلي الأولى عند التعامل مع التمور على النخلة. ويوضح شكل (١٤٨) صورة البرنامج الذي يتم من خلاله التحكم بتشغيل الذراع الآلي. حيث يتم التحكم في الروافع الستة للذراع من خلال التوجيه المباشر. ومن خلال تشغيل الذراع الآلي وتجربته في الوصول إلى الهدف على النخلة والعمل في أي ناحية من العنق، كانت أحد بيانات التحكم للوصول للهدف موضحة في شكل (١٤٩). كما توضح الأشكال (١٥٠)، (١٥١)، (١٥٢)، (١٥٣)، (١٥٤) أداء الذراع الآلي عند التعامل مع تمور مفردة على النخلة.

جدول (١٦): بيانات أداء الرافعة التلسكوبية.

القيمة	المتغير
٥ ثانية	رفع الذراع Boom Up
٤ ثانية	خفض الذراع Boom Down
٦ ثانية	دخول الذراع التلسكوبي Tele In
٧ ثانية	خروج الذراع التلسكوبي Tele Out
١١ ثانية	التفاعل ما بين رفع الذراع وخروجه Combined - Up and Out
٦ ثانية	التفاعل ما بين خفض الذراع ودخوله Combined - Down and In



شكل (١٤٤): يمكن إجراء شد التمور على النخلة بالذراع الآلي.



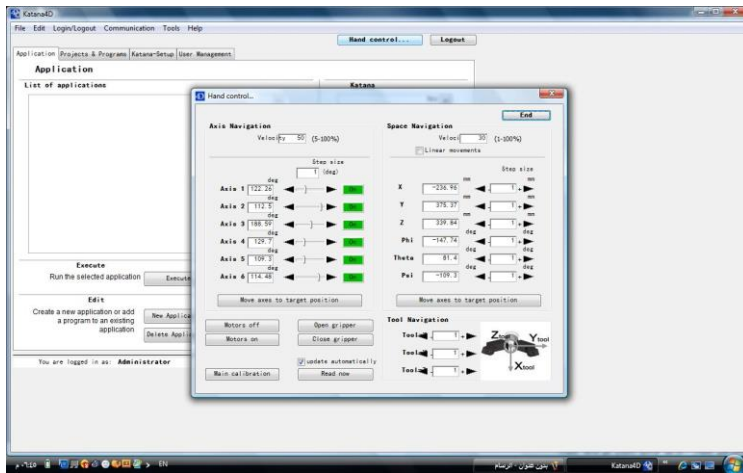
شكل (١٤٥): تمكن الذراع الآلي من التمور على النخلة.



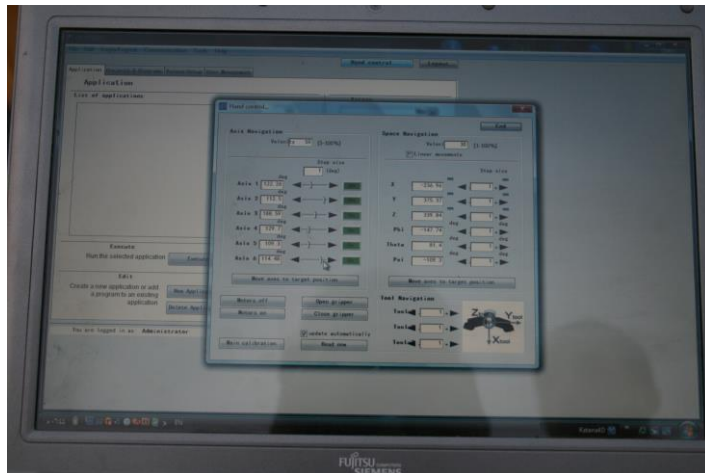
شكل (١٤٦): تغلغل الذراع الآلي لداخل التمور على النخلة.



شكل (١٤٧): وصول الذراع الآلي لداخل التمر على النخلة.



شكل (١٤٨) : صورة البرنامج الذي يتم من خلاله التحكم بتشغيل الذراع الآلي.



شكل (١٤٩): بيانات التحكم للوصول للهدف.



شكل (١٥٠): دخول الذراع الآلي إلى عذق التمر.



شكل (١٥١): محاولة مسك ثمرة واحدة بواسطة الذراع الآلي.



شكل (١٥٢): الذراع الآلي يمسك بثمرة واحدة.



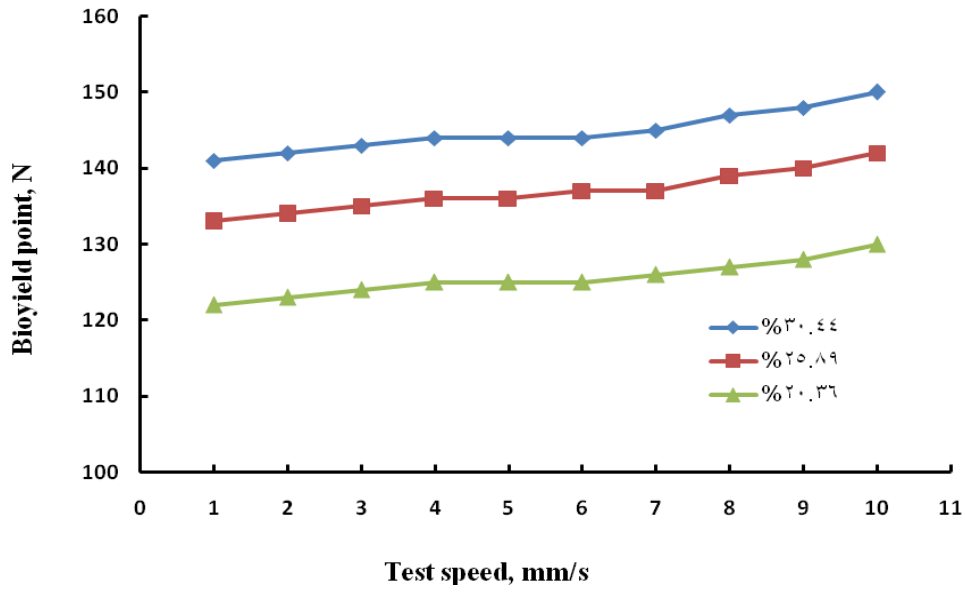
شكل (١٥٣): الذراع الآلي قام بعملية التواء لقص التمرة.



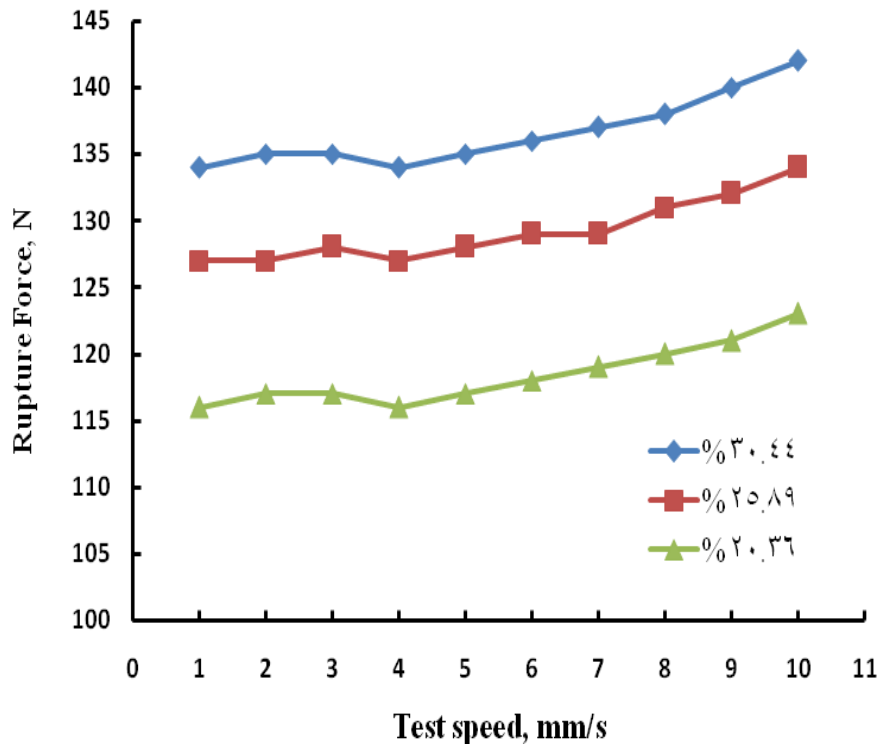
شكل (١٥٤): الذراع الآلي يمسك بثمرة واحدة .

٣-٥ تحليل البيانات المعملية لقوى القص لأفرع العذوق:

تم إجراء تجارب القص المعملية لقياس الخصائص الميكانيكية لأفرع عذوق التمر ومن هذه الخصائص قوة القص في مراحل رطوبة مختلفة والبيانات في جدول (١٧) توضح بيانات صنف البرحي. كما يبين شكل (١٥٥) علاقة سرعة الاختبار مع نقطة الخضوع (Bioyield point Force) عند مستويات الرطوبة المختلفة. حيث نجد أن عند زيادة السرعة وزيادة الرطوبة تزداد قوة القص (Rupture) ، حيث تراوحت قوة القص ١١٦- ١٤٢ نيوتن كما هو موضح بشكل (١٥٦). هذه القيم يستفاد منها عند إيجاد وحدة القطع التي ستركب مع الذراع الآلي لقص الأفرع. كما يوضح شكل (١٥٧) أقصى قوة قص للأفرع عند مستويات الرطوبة المختلفة.



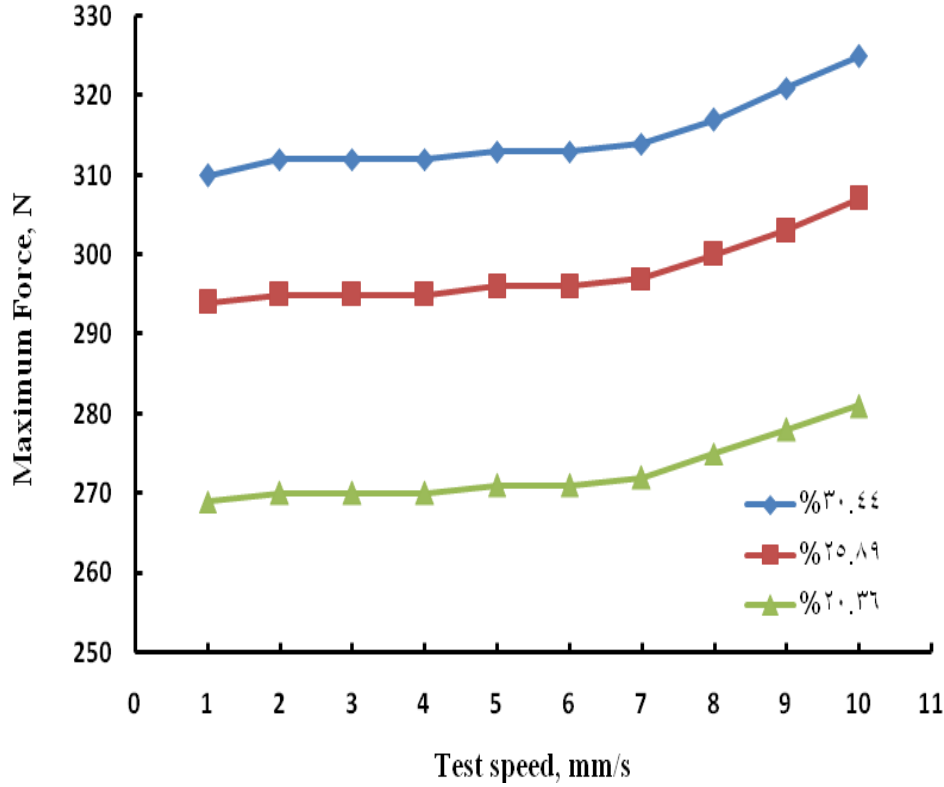
شكل (١٥٥): علاقة سرعة الاختبار مع نقطة الخضوع (Bioyield point Force) عند مستويات الرطوبة المختلفة.



شكل (١٥٦): قوة القص للأفرع عند مستويات الرطوبة المختلفة.

جدول (١٧): الخصائص الميكانيكية لأفرع عذوق التمر لصنف البرحي.

Moisture content	Test speed	Bioyield point		Modulus of elasticity	Rupture point		Maximum	
		Force	Distance		Force	Distance	Force	Distance
wb %	mm/s	kN	mm	N/mm ²	N	mm	N	mm
30.44	10	150	5.44	55	142	9.38	325	8.62
	9	148	5.36	54	140	9.27	321	8.51
	8	147	5.31	54	138	9.17	317	8.42
	7	145	5.25	53	137	9.07	314	8.33
	6	144	5.17	53	136	8.98	313	8.25
	5	144	5.17	52	135	8.96	313	8.18
	4	144	5.17	52	134	8.96	312	8.16
	3	143	5.22	52	135	8.96	312	8.14
	2	142	5.21	53	135	8.96	312	8.11
	1	141	5.22	52	134	8.96	310	8.13
25.89	10	142	5.15	52	134	8.87	307	8.15
	9	140	5.07	51	132	8.76	303	8.05
	8	139	5.02	51	131	8.67	300	7.96
	7	137	4.97	50	129	8.57	297	7.88
	6	137	4.89	49	129	8.50	296	7.80
	5	136	4.89	49	128	8.48	296	7.74
	4	136	4.89	49	127	8.48	295	7.72
	3	135	4.94	49	128	8.48	295	7.69
	2	134	4.93	50	127	8.48	295	7.67
	1	133	4.94	49	127	8.48	294	7.69
20.36	10	130	4.71	48	123	8.13	281	7.46
	9	128	4.64	47	121	8.02	278	7.37
	8	127	4.60	47	120	7.94	275	7.29
	7	126	4.55	46	119	7.85	272	7.22
	6	125	4.47	46	118	7.78	271	7.14
	5	125	4.48	45	117	7.76	271	7.09
	4	125	4.48	45	116	7.76	270	7.07
	3	124	4.52	45	117	7.76	270	7.04
	2	123	4.51	46	117	7.76	270	7.02
	1	122	4.52	45	116	7.76	269	7.04



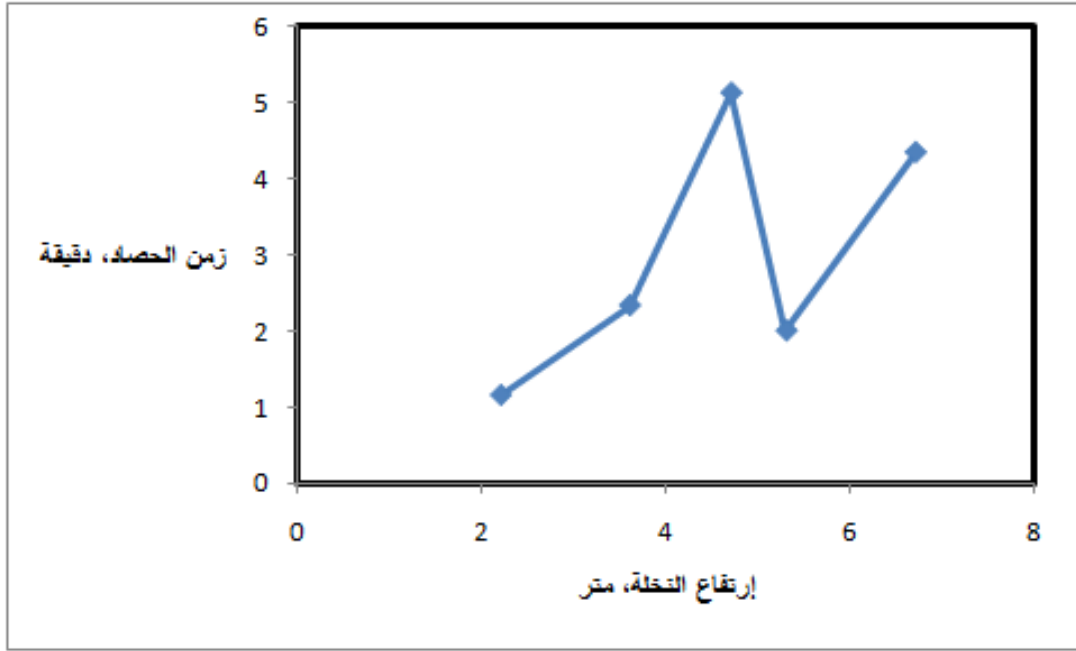
شكل (١٥٧): أقصى قوة قص للأفرع عند مستويات الرطوبة المختلفة.

٤-٥ نتائج التجارب لمنظومة الحصاد نصف الآلية (الذراع الآلي الأولى + وحدة القص على الرافعة):

تمت التجربة بحساب زمن التحرك نحو النخلة وزمن التحرك نحو العذق وزمن حصاد التمر بعد قص العذق ومن ثم حساب الزمن الكلي . والنتائج موضحة في جدول (١٨) عند ارتفاع أشجار نحيل مختلفة ونجد أن متوسط عدد التمرات التي تم حصادها حوالي ١٢ ثمرة في متوسط زمن ١٨٠ ثانية أي بمعدل ٤ تمرات في الدقيقة. ويوضح شكل (١٥٨) علاقة ارتفاع النخلة بالزمن الكلي للحصاد. ووضح من التجارب ضعف منظومة القص الموجودة نظرا لعدم وجودها بالذراع الآلية كوحدة واحدة يتم التحكم فيها من خلال الذراع الآلي، لذا كانت الحاجة لوجود ذراع آلي ثاني صناعي يمكنه من التحكم بوحدة القص كاملا.

جدول (١٨): زمن حصاد التمر عند ارتفاعات نخلة مختلفة بمنظومة الحصاد نصف الآلية.

Set	Tree height	No. of date bunches on the tree	Operation time			No. of harvested ripped dates	Total time
			Movement to the tree	Movement to the date bunches	Ripped date harvested time		
	m	-----	s	s	s/date	-----	s
1	2.2	2	7	8	9	6	69
2	3.6	3	9	11	12	10	140
3	4.7	5	12	16	14	20	308
4	5.3	4	10	19	13	7	120
5	6.7	5	13	23	15	15	261
Average	4.5	3.8	10.2	15.4	12.6	11.6	179.6



شكل (١٥٨): علاقة ارتفاع النخلة بالزمن الكلي للحصاد.

٥-٥ نتائج التجارب لمنظومة الحصاد نصف الآلية (الذراع الآلي الثاني موضوع على الرافعة) MRUDH:

توضح الأشكال (١٥٩) و (١٦٠) كيفية تنفيذ التجارب حقليا بمنظومة (الذراع الآلي الثاني موضوع على الرافعة)، أما جدول (١٩) يوضح الأزمنة المختلفة عند حصاد النخلة، بحيث يتم التعامل مع كل عذق على حدة واستخدام ميزان اليكتروني للوزن. وشملت القياسات في تلك المرحلة الأزمنة التالية:

- زمن الوصول للنخلة (زمن مفقود) (ثانية/ عذق) - زمن ١
- زمن رفع الذراع للهدف (زمن مفقود) (ثانية/ عذق) - زمن ٢
- زمن وصول الذراع للهدف (زمن مفقود) (ثانية/ عذق) - زمن ٣
- زمن الانتهاء من الحصاد (زمن فعلي) (ثانية/ عذق) - زمن ٤
- زمن خفض الذراع الآلي إلى الوضع الأساسي (زمن مفقود) (ثانية/ عذق) - زمن ٥
- زمن التنقل بين العذوق (زمن مفقود) (ثانية/ عذق) - زمن ٦
- زمن تجميع التمور من مكان سقوطه (زمن مفقود) (ثانية/ عذق) - زمن ٧
- وزن التمور المحصودة (كجم/ نخلة)
- زمن الحصاد الكلي (زمن ٨) = زمن ١ + زمن ٢ + زمن ٣ + زمن ٤ + زمن ٥ + زمن ٦ + زمن ٧

$$\text{الكفاءة الحقلية} = \frac{\text{زمن ٤}}{100 \times \text{زمن ٨}}$$

$$\text{الإنتاجية} = \frac{\text{الكمية (كجم)}}{\text{زمن ٨ كجم/ث/نخلة}}$$



شكل (١٥٩): الذراع الآلي يتعامل مع العذق..



شكل (١٦٠): التمر المتساقط في وحدة التجميع.

جدول (١٩): الأزمنة المختلفة والكفاءة الحقلية والإنتاجية بمنظومة الذراع الآلي الثاني موضوع على الرافعة لحصاد نخلة واحدة ارتفاعها ٥,٣ متر عليها عدد من العذوق.

رقم العذوق	زمن ١	زمن ٢	زمن ٣	زمن ٤	زمن ٥	زمن ٦	زمن ٧	زمن ٨	وزن التمر المحصود	الكفاءة الحقلية	الإنتاجية	الإنتاجية
	ثانية	ثانية	ثانية	ثانية	ثانية	ثانية	ثانية	ثانية	جم	%	كجم/ث	كجم/س
1	7	7	8	31	8	10	9	80	6251			
2	8	10	9	34	6	12	8	87	7214			
3	9	8	7	36	7	10	7	84	6214			
4	8	7	8	38	10	9	12	92	5214			
المجموع	32	32	32	139	31	41	36	343	24893	41	0.0726	261

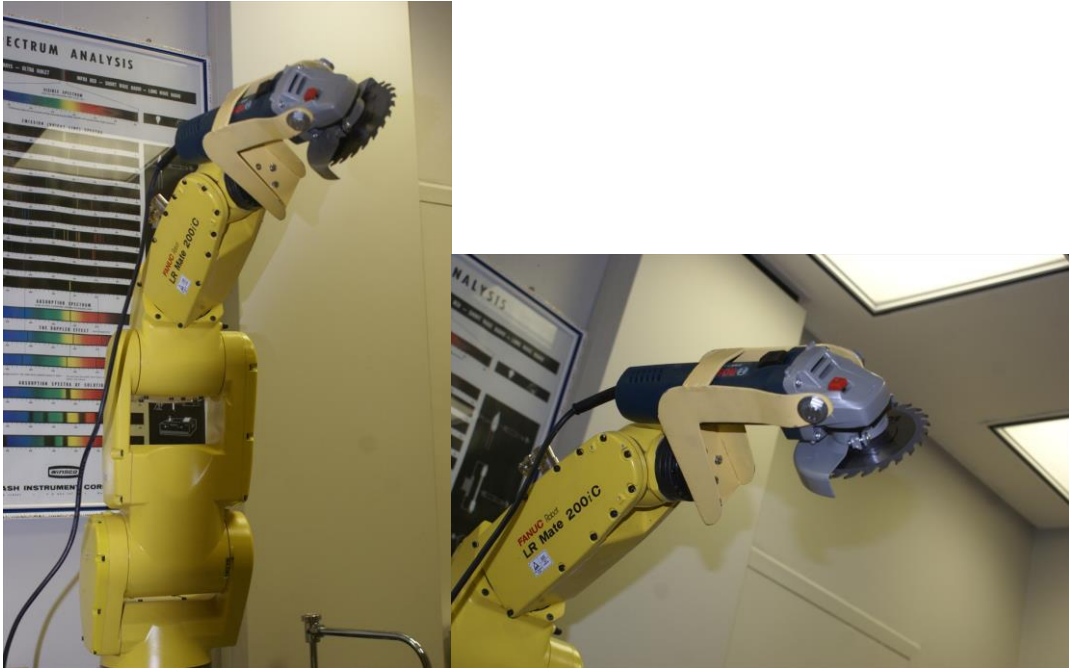
وبإجراء تحليل بسيط نجد أن يتم حصاد النخلة الواحدة في المتوسط في زمن ٣٤٣ ثانية أي في حدود ٦ دقائق ويفرض أن متوسط وزن التمر من النخلة الواحدة حوالي ٤٠ كجم/نخلة وأن في المتوسط يتم حصاد ٨٠ نخلة في اليوم بالعامل ، ويفرض عدد ساعات تشغيل ١٠ ساعة في اليوم إذن يمكن حصاد ٨ نخلات في الساعة يدويا ولكن بالمنظومة المطورة يمكن حصاد ١٠ نخلة في الساعة تقريبا ومع حرفة التشغيل تزداد الكفاءة ويزداد عدد النخيل المحصود ، مع العلم بأنه لا يوجد فقد أثناء الحصاد مقارنة بالحصاد اليدوي. ونجد أن في المتوسط حصاد النخلة يدويا بـ ٢٠ ريال (العالمي، ١٤٢٦هـ) نجد أن تكلفة حصاد الكيلوجرام من التمر حوالي ٤٠ ÷ ٢٠ = ٠,٥ ريال /كجم. ويفرض أن تكلفة تشغيل المنظومة الجديدة بـ ٢٠ ريال/س وعدد ساعات التشغيل اليومية ١٠ ساعات إذن التكلفة في حدود ٢٠٠ ريال لحصاد ١٠٠ نخلة بوزن إجمالي ٤٠٠٠ كجم تكون تكلفة الكيلوجرام المحصود بها بحوالي 0.045 ريال/كجم. وبالمقارنة مع أنظمة أخرى وجدت أنها يمكنها إنجاز حصاد النخلة في ٢٢ دقيقة (Shamsi ، ١٩٩٨م) ، تكون المنظومة المطورة أفضل اقتصاديا وسرعة الإنجاز.

٦-٥ تعديل في وحدة قطع أفرع العذوق:

تم إجراء تعديل في وضع وحدة قص أفرع العذوق وهذا التعديل موضح في أشكال (١٦١ و ١٦٢ و ١٦٣). تم هذا التعديل ليناسب العمل الحقلي بصورة متكررة .



شكل (١٦١): تصميم وحدة لمسك وحدة قص الأفرع الجديدة.



شكل (١٦٢): وحدة قص الأفرع الجديدة مركبة على الذراع الآلية.

الفصل السادس

الاستنتاجات والتوصيات

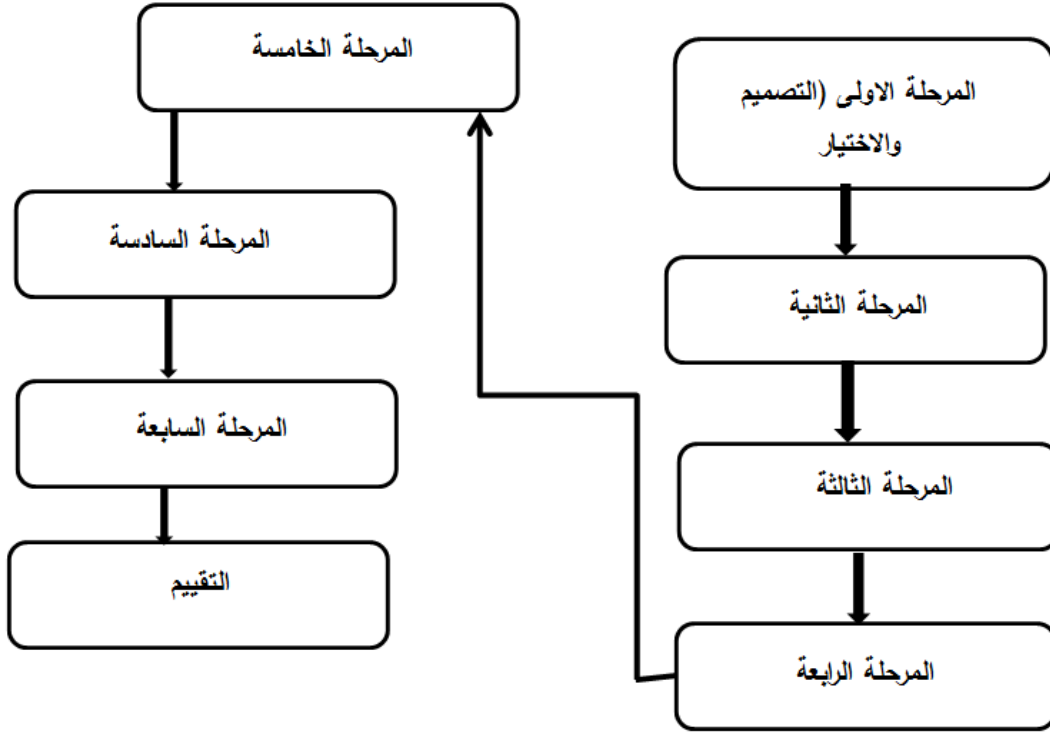
يهدف هذا المشروع إلى تصميم آلة نصف آلية لحصاد التمور تعتمد على وجود ذراع آلية موضوعه على شوكتي رافعة تلسكوبية لتوصيل الذراع إلى التمر على النخيل. وقد أجري البحث من خلال عدة مراحل، شكل (١٦٣) شملت الآتي:

المرحلة الأولى: إجراء قياسات على أبعاد العنق على النخلة من أجل اختيار نصف قطر التشغيل لذراع الآلي.

المرحلة الثانية: تحليل قياسات أبعاد العنق على النخلة واختيار ذراع آلي أولي نوع Katana Robot Arm من شركة Neuronics يتكون الذراع من ٦ مفاصل تتحرك للأعلى في خط مستقيم أو تتحرك بصورة منحنية ونصف قطر التشغيل ٦٠ سم.

المرحلة الثالثة: المفاضلة بين الرافعات التي ستستخدم مع الذراع الآلي لتكون وحدة الحصاد نصف الآلي وبعد استعراض أنواع عديدة تم الاستقرار على رافعة تلسكوبية ذاتية الحركة لحمل الذراع الآلي من نوع Caterpillar Telehandlers ، حيث ضرورة وجود آلة سهلة العمل والتحكم تقوم برفع الذراع الآلي بصورة سريعة ودقيقة إلى منطقة الخدمة مع وجود التوازن اللازم. وقد وجد أن الآلة التلسكوبية من أفضل الآلات لوجود المميزات المطلوب إضافة إلى المرونة في الحركة. بحيث يتم تثبيت الذراع الآلي في شوكتي الرافعة وتصنيع وحدة شبكية لتجميع التمور تقع أسفل الذراع الآلي. وقد أمكن تركيب الذراعان الآليان على الرافعة بسهولة ويسر ومن ثم أمكن رفعهما إلى التمور، كما قد تم التحكم في الزراعيين من خلال برنامج التحكم بواسطة الحاسب الآلي.

المرحلة الرابعة: تم تجربة الوحدة (الرافعة + الذراع الأولى من شركة Neuronics) وأجريت معايرة الذراع لمعرفة حركته في جميع الاتجاهات ، وتمت تجربة حركة الذراع على نخيل به تمور غير ناضجة وأمكن للذراع الوصول للهدف بطريقة سهلة ومرنة وكان قادر على مسك التمر وقطعها من ناحية التصاقها بفرع العنق ومن ثم سقوطها في مكان تجميع التمور. وحركة المعدة التلسكوبية ودورانها داخل حقل النخيل تمت بسهولة وبدون عوائق ووصولها للنخلة تم بدون عوائق حيث يسمح تصميمها بعمل مناورات في الحقل وتستطيع أن ترتفع حتى ٧ متر.



شكل (١٦٣): مراحل تنفيذ البحث.

المرحلة الخامسة: من أجل قص عذق التمر تم قياس القوة اللازمة لقص العذق معمليا وتمت التجارب عند مستويات رطوبة مختلفة وتمت معرفة تقريبا قوة القص اللازمة.

المرحلة السادسة: تم شراء جهاز قص وتجربته معمليا لمعرفة قدرته على قص الأفرع ومن ثم تم تركيبه مع الذراع الأولى من شركة Neuronics وتم تجربة الوحدة متكاملة حقليا وأمكن لجهاز القص قص بعض من أفرع العذوق ، ولكن نظرا لأن جهاز القص ليس كوحدة واحدة مع الربوط فقد كانت هناك بعض العوائق لأن يكتمل قص العذق كامل ، لذا تم التفكير في شراء ربوط صناعي يمكنه العمل مع وحدة قص بصورة تكاملية. وفي نفس المرحلة تم تركيب كاميرات على الرافعة لرؤية عذوق التمر عند الارتفاعات العالية على شاشة عرض.

المرحلة السابعة: تم شراء ذراع آلة من نوع AM100iC من شركة FANUC يعمل في نصف قطر حوالي ١٤٢ سم ويدور حتى ٣٦٠ درجة قادر على حمل أثقال حتى ٥ كجم مثل جهاز القص وتمت تجربته حقليا وأثبتت كفاءة في العمل أثناء حصاد التمور وأمكن

حصاد حوالي ١,٥ كجم تمر في الثانية. والتوصيات والاستنتاجات يمكن توضيحها في النقاط التالية:

١. لا يوجد اتجاه محدد لقطر العذق بالنسبة لعمر النخلة والعلاقة بينهما كثيرة الحدود بمعامل تحديد r^2 قدره ٠,٩٤٨ ، كما أن المسافة الأفقية بين العذقين على النخلة تزداد بزيادة عمر النخلة والعلاقة بين المسافة الأفقية بين العذقين على النخلة وعمر النخلة يأخذ شكل علاقة خطية بمعامل تحديد r^2 قدره ٠,٩٢٤ وهذا يجعل بناء برنامج محدد للحصاد وتوجيهه ألياً من الصعوبة بمكان، نظراً لصعوبة المهمة وهي العمل في بيئة مفتوحة وليست مهمة محددة ، لذا فإن الأفضل هو التحكم المباشر في الذراع الغير مشروط بقيم محددة لزوايا التحرك ويتم تغيير مسارات العمل على حسب طبيعة النخلة من خلال البرامج أثناء التشغيل. وهذا انطبق على الزراعيين المستخدمين.
٢. تم تركيب ومعايرة الذراعان وتشغيلهما بدون عوائق وتجربتهما في الوصول إلى الهدف على النخلة والعمل في أي ناحية من العذق بسهولة ويسر.
٣. يستغرق رفع الرافعة التلسكوبية بارتفاع حوالي ٧ متر زمن قليل بالمقارنة بزمن صعود العامل للنخلة. كما أن زمن رجوع الروافع إلى الوضع الأساسي يستغرق ثواني. لم تكن هناك اهتزازات تؤثر على دقة أداء زراعي الحصاد.
٤. القوة اللازمة لقص أفرع العذق قليلة ولا تحتاج لقدرات عالية.
٥. وجود كاميرات على الرافعة يساعد الشخص على الأرض من توجيه الذراع الآلي إلى الوضع الصحيح لمكان التمر في الارتفاعات العالية ومن ثم التوجيه المناسب
٦. أجهزة القص يمكنها قص أفرع العذق ومن ثم تجميع التمر بكميات كبيرة في زمن قصير.
٧. وجد أنه يمكن حصاد ١٠ نخلات في الساعة من خلال تجربة حقلية ومع تحسين الكفاءة التشغيلية ، يمكن زيادة عدد النخلات المحصودة في اليوم، وتكلفة حصاد الكيلو جرام بهذه المنظومة يكون منخفض بالمقارنة بالحصاد اليدوي، حيث يمكنها أن تكون أقل من ٥٠ هللة لكل كيلوجرام.

٨. يمكن الاستفادة من وجود تقنية الذراع الآلية في حصاد منتجات أخري منتجة داخل الصوب الزراعية وذلك كي يمكن الاستفادة منها في غير أوقات حصاد التمر لزيادة كفاءتها في التشغيل.
٩. يجب العمل على تطوير المناهج في كليات الزراعة والكليات التقنية بالمملكة لتواكب التطور الهائل في تكنولوجيا المعلومات لخدمة الزراعة والعمل على إحداث تقنيات تساعد من زيادة الإنتاج الزراعي وتحسين المنتجات.
١٠. يحتاج البحث في هذه الجزئية على الاستعانة بخبراء لحل مشكلات الزمن الفعلي أثناء الحصاد حتى يمكن للربوط العمل دون الحاجة للتحكم به من على الأرض ولكن هذه المهمة صعبة جدا ولكن بالعلم يمكن حلها أو العمل على وجود نخيل به عذوق متساوية الأبعاد على النخلة والعدد من خلال تقنيات الهندسة الوراثية. وهذا يتطلب تضافر الجهود البحثية في مجالات عديدة من العلم.

الفصل السابع

المراجع

إسماعيل، ص. م. بدون تاريخ. تأملات في واقع وآفاق سوق وتسويق التمور في المملكة العربية السعودية. قسم الاقتصاد الزراعي - كلية علوم الأغذية والزراعة -

جامعة الملك سعود (faculty.ksu.edu.sa/62311/.../Date%20Mar.%20Pres.111.ppt)

الجنوبي، ع. ١٩٩٩م. نظرات حول آلة خدمة أشجار النخيل. الندوة السادسة وورشة عمل التعاون العربي الإيطالي في المكننة الزراعية، مدينة بولونيا، إيطاليا، خلال الفترة من ١٥-١٦ نوفمبر ١٩٩٩.

السحبياني، ص. ، أ. بابعير. ١٤١٠هـ. آلة خدمة وحصاد محصول النخيل، الكتيب الإرشادي للنخيل والتمور، مركز الإرشاد الزراعي، كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود، ١٢٧.١١٩.

العامري، س. ١٤٢٦هـ. تاجر تمر (اتصال شخصي).

العوضي، م. ن. ، إ. يحيى، ا. م. عارف، أ. العطار. ٢٠٠٣م. عوامل تصميم وتشغيل آلة متقلة لتلقيح وخدمة نخيل البلح. مؤتمر الجمعية المصرية للهندسة الزراعية الحادي عشر، ١٥-١٦ أكتوبر ٢٠٠٣م، الصفحات: ٩٢٣-٩٣٤.

العوضي، م. ن. ، إ. يحيى، م. أ. حسن. ٢٠٠٣م. آلات تلقيح وخدمة النخيل كخيارات في برنامج خبير. المجلة المصرية للهندسة الزراعية، المجلد ٢٠، العدد ٤، الصفحات: ١٠١١-١٠٢٤.

العوضي، م. ن. ، ع. الحمادي، إ. يحيى وأ. العطار. ٢٠٠٣م. تصميم آلة ذاتية الحركة لتلقيح وخدمة النخيل. المؤتمر السنوي للجمعية المصرية للهندسة الزراعية، ٩٣٥-٩٤٨.

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية. ٢٠٠٥. اللقاء العلمي الحادي عشر "التمور وتطوير طرق الاستفادة منها". الإدارة العامة لبرامج المنح البحثية ، الأحد ٢٢ مايو ٢٠٠٥م، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية.

معلا، ن. ص. ٢٠٠٨م. أسس التحكم بالربوط المعالج الحركي. شعاع للنشر والعلوم، سوريا، حلب، الطبعة الأولى ٤٦١ صفحة.

وزارة الزراعة. ٢٠٠٩م. الكتاب الإحصائي السنوي الثالث والعشرون، المملكة العربية السعودية.

عبد العزيز، و. أ. ٢٠٠٥م. هندسة الربوط: الإنسان الآلي: ٢٥١ صفحة.

- Abdalla, K. N., Hassan, O.S. and Ahmed, A.E. 1986. Development of a walk elevator to suit date Palms farming operations. *The second symposium on dates Palm in Saudi Arabia, King Faisal University, Saudi Arabia, March 1986*:543-553.
- Abdel Hady, F. A. 1995. Studies on climbing mechanization of date palm. *M. Sc. Thesis, Faculty of Agric., Ain Shams Univ.*:124-125.
- Abounajmi, M. 2004. Mechanization of Dates Fruit Harvesting. *Paper Number: 041028 2004 ASAE/CSAE Annual International Meeting.*
- Abounajmi, M. and Loghavi, M. 2003. Using bunch shaker for selective ripe date harvesting. *In Proc. International Conference on Date Palm, King Saud University, Saudi Arabia*: 223-233
- Ahn, K. K., Anh, H. P. H. and Phuc, N. H. 2007. Neural NNARX model identification of pam-based robot arm using recurrent neural networks and genetic algorithm. *International Symposium on Electrical & Electronics Engineering 2007 - Oct 24, 25 2007 - HCM City, Vietnam* :104-109.
- Akyurt, M. , Rehmini, E., Bogis, H. and Aljinaidi, A.A.2002. A survey of mechanization efforts on date palm crown operations. *The 6th Saudi Engineering Conference, KFUPM, Dhahran, December 2002, Vol. 5*: 475-489.
- Alavandar, S. and Nigam, M. J. 2008. Neuro-Fuzzy based Approach for Inverse Kinematics Solution of Industrial Robot Manipulators. *Int. J. of Computers, Communications & Control, ISSN 1841-9836, E-ISSN 1841- 9844 Vol. III (2008), No. 3*:224-234.
- Al-Gallaf ,E.A. 2008. Neural Networks for Multi-Finger Robot Hand Control. *JKAU: Eng. Sci., Vol. 19 No. 1*: 19-42.
- Al-Gallaf, E.A. 2006. Multi-fingered robot hand optimal task force distribution Neural inverse kinematics approach. *Robotics and Autonomous Systems*, 54:34–51.
- Al-Janobi, A. 2001. A date palm service machine for the new Millennium. *The 2nd International Conference on Date Palms, Al-Ain, March 25-27th.*
- Al-Suhaibani, S. A., Babaeir, A. S., Kilgour, J., and Flynn, J. C. 1988. The design of a date palm service machine. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 40(4): 143-157.
- Al-Suhaibani, S. A., Babaeir, A. S., Bascombe, M.L. A. and Kilgour, J. 1993. The KSU date palm service machine portable bridge units: design and test program. *J. King Saud Univ., Vol. 5, Agric. Sci. (2)*:127-139.
- Al-Suhaibani, S. A., A. S. Babier and J.Kilgour. (1990): Design specification of a date palm service machine. *Agricultural Mechanization in Asia*,21(4), 53-60.
- Al-Suhaibani, S. A., Babaeir, A. S., Kilgour, J. and Blackmore, B. S. 1992. Field tests of the KSU date palm machine. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 51: 179-190.
- Al-Suhaibani, S. and Babaeir, A. 1991. Field tests of the KSU date palm service machine. *Arabic Gulf Journal of Scientific Research*. 9(3):55-73.

- Arima, S., Kondo, N. and Monta, M. 2004. Strawberry harvesting robot on table-top culture. *An ASAE/CSAE Meeting Presentation Paper Number: 043089* .
- Awady, M. N., Hamady, A.M., Yehia, I. and El Attar, A. 2003d. Design of a self-propelled pollination and palm serving machine. *11th Conf. of Misr Society Ag. Eng.*, 953-948.
- Awady, M. N., Hamady, A.M., Yehia, I. and El Attar M. 1998. A contemplated design of pollination machine for date palm trees. *6th Conf. of Misr Society Ag. Eng.*, 15 (4):263-273.
- Awady, M.N.1992. Farm machines. *Lectures Mimeographs, Collage Agric.*, Ain Shams University:95-97.
- Blackmore, B. S., Fountas, S., Vougioukas, S., Tang, L., Sørensen, C. G. and Jørgensen, R. 2004. A method to define agricultural robot behaviors. *Automation Technology for Off-Road Equipment, Proceedings of the 7-8 October 2004 Conference (Kyoto, Japan) Publication Date 7 October 2004, ASAE Publication Number 701P1004*. Eds. Q. Zhang, M. Iida, A. Mizushima.
- Blackmore, B. S., Stout, W., Wang, M. and Runov B. 2005. Robotic agriculture – the future of agricultural mechanization. *5th European Conference on Precision Agriculture Uppsala, Sweden 9-12th June 2005*. ed. J. Stafford, V. The Netherlands, Wageningen Academic Publishers :621-628.
- Blackmore, B.S. and Wulfsohn D. no date. Precision Farming around the world. (http://www.cpf.life.ku.dk/publications/~media/CPF/posters/PF_World_poster.ashx)
- Blackmore, B.S., Griepentrog, H., Fountas, S. and Gemtos, T. 2007. A specification for an autonomous crop production mechanization system. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript PM 06 032*. Vol. IX. September, 2007
- Brown, G. K. and Perkins, R. M.1967. Harvesting dates mechanically. *Transactions of the ASAE*, 10(4):486-488.
- Brown, G. K., Sarige, Y. and Perkins, R. M.1983. Mechanization of date production worldwide. *The 1st Int. Sym. on Fruit, Nut and Vegetable Harvesting Mechanization*. ASAE Pub.5-84, ASAE, St. Joseph, Mich.
- Brown, G.K. 1982. Date production mechanization in the USA. *The first symposium on date palm in Saudi Arabia, Al-Ahsa:2-13*.
- Bulanon, D.M., Kataoka, T., Ota, Y. and Hiroma, T. 2006. A machine vision system for the apple harvesting robot. *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript PM 01 006*. Vol. III
- Burks, T., Villegas, F., Hannan, M., Flood, S., Sivaraman, B., Subramanian, V. and Sikes, J. 2005. Engineering and horticultural aspects of robotic fruit harvesting opportunities and constraints. *Hort Technology* , 15(1).
- D'Esnon, A. G., Rabatel, G., Pellenc, R., Journeau, A. and Aldon M. J. 1987. MAGALI: A self-propelled robot to pick apples. *ASAE Paper No. 87-1037*. St. Joseph, Mich.
- Edan, Y. and Miles, G. E.1994. Corresponding section on systems man, and cybernetics. *IEEE, Vol 24, No. 8 August 1994:1259-1265*.
- Edan, Y., Rogozin, D., Flash, T. and Miles , G. E. 2000. Robotic melon harvesting. *IEEE Transaction on robotics and automation*, Vol. 16. No. 6, December 2000.
- Edan, Y., Rogozin, D., Flash, T., Miles, G.E. and G.E. 2000. Melon harvesting robotics and automation. *IEEE Transactions on robotics and automation, Volume 16, Issue 6, Dec 2000 :831 – 835*.
- Eliwa, A.A., El Banaa, A.A., Seif El Din, A. and El Sharabasy, S. F. 2003. The mechanical pollination for Egyptian date palm trees. *Misr J. Ag. Eng.*, 20 (2):515-528.

- El-Juhany, L. I. 2010. Degradation of date palm trees and date production in arab countries: causes and potential rehabilitation. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(8): 3998-4010.
- Fadel, M. A. 2005. Development of a tractor-mounted date palm tree service machine. *Emir. J. Agric. Sci.* 17 (2): 30-40.
- Feng, G., Qixin, C. and Masateru ,N. 2008. Fruit detachment and classification method for strawberry harvesting robot. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, Vol. 5, No. 1:41-48.
- Gifford, C. M. 2006. Review of selected mobile robot and robotic manipulator technologies. *University of Kansas ,2335 Irving Hill Road, Lawrence, KS 66045-7612 <http://cresis.ku.edu>, Technical Report CReSIS TR 101 ,October 4, 2006:44p.*
- Godoy, E.P., Tabile, R.A., Pereira, R.R.D., Tangerino, G.T., Porto, A.J.V. and Inamasu, R.Y.2009. Design and implementation of a mobile agricultural robot for remote sensing applications. *International Commission of Agricultural and Biological Engineers, Section V. Conference "Technology and Management to Increase the Efficiency in Sustainable Agricultural Systems", Rosario, Argentina, 1-4 September 2009.*
- Grift, T.E. 2007. Robotics in crop production. *Encyclopedia of Agricultural, Food and Biological Engineering*, doi: 10.1081/E-EAFE-120043046.
- Hamam, A. S. 2003. Analysis of manual date palm climbing operation. *Misr J. Ag. Eng.*, 20 (1):253-267.
- Hannan, M.W., Burks, T.F. and Bulanon, D.M. 2007. A real-time machine vision algorithm for robotic citrus harvesting. *An ASABE Meeting Presentation Paper Number: 073125.*
- Hassan, F. 1993. Studies on climbing mechanization of date palm. *Unpublished MS thesis, Agricultural Mechanization Dept, Ain Shams University, Egypt.*
- Hayashi, S., Ganno, K., Ishii, Y. and Tanaka, I. 2002. Robotic harvesting system for eggplants. *JARQ*, 36 (3):163 – 168.
- Hayashi, S., Ota, T., Kubota, K., Ganno, K. and Kondo, N. 2005. Robotic harvesting technology for fruit vegetables in protected horticultural production. *Information and Technology for Sustainable Fruit and Vegetable Production FRUTIC 05*, 12 . 16 September 2005, Montpellier France.
- Hirakawa, A. R., Saraiva, A. M. and Cugnasca, C. E. 2002. Wireless robust robot for agricultural applications. *Pp. 414-420 in Proceedings of the World Congress of Computers in Agriculture and Natural Resources (13-15, March 2002, Iguacu Falls, Brazil)*, eds. F.S. Zazueta and J. Xin. Publication date March 13, 2002. ASAE Publication Number 701P0301.
- Hongpeng, Y. and Simon, Y. C., Yang, X. and Mittal, G. S. 2009. Ripe tomato recognition and localization for a tomato harvesting robotic system. *2009 International Conference of Soft Computing and Pattern Recognition.*
- Huan, L., Iberall, T. and Bekey, G. 1988. neural network architecture for robot hand control. *Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks*, San Diego:38-43.
- Ibrahim, A.A, Al-Jalil, H.F. and Al-Duri, S.M. 1986. Fruit detachment force and selective harvest of Zahdi date variety. *J.Agric. Water Reso. Res.*5 (2): 81-96.
- Ibrahim, A.A., Ibrahim, H. R. and Abdul_Rasool, N. 2007. Development and testing of a shaker-system for the selective. *ISHS Acta Horticulture 736 III International Date Palm Conference*, Volumes 1, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 31 March 2007.
- Jahromi, M. K., Jafari, A., Mohtasebi, S.S. and Rafiee, S.2008. Engineering properties of date palm Trunk applicable in designing a climber machine. *Agricultural*

- Engineering International: the CIGR E journal. Manuscript FP 08 002. Vol.X. March, 2008.*
- Jahromi, M. K., Mirasheh, R. and Jafari, A. 2008. Proposed lifting model for gripper date palm service machines. *American-Eurasian J. Agric. & Environ.*, 4(6):765-769.
- Jahromi, M.K., Jafari, A., Rafiee, S. and Mohtasebi, S.S. 2007. A survey on some physical properties of date palm tree. *Journal of Agricultural Technology* ,3(2): 317-322.
- Janglová, D. 2004. Neural networks in mobile robot motion, pp. 15-22, *International Journal of Advanced Robotic Systems, Volume 1 Number 1 (2004), ISSN 1729-8806*
- Jeon, H. Y., Tian, L. F. and Grift, T. E. 2005. Development of an individual weed treatment system using a robotic arm. *An ASAE Meeting Presentation Paper Number: 051004*
- Jha, P. 2009. Novel artificial neural network application for prediction of inverse kinematics of manipulator. *A Thesis Master of Technology In Production Engineering Department of Mechanical Engineering National Institute of Technology Rourkela – 8.*
- Jimenez, A.R., Ceres, R. and Pons, J.L. 2000. A survey of computer vision methods for locating fruit on trees. *Transaction of the ASAE, Vol. 43(6): 1911-1920.*
- Juste, F. and Sevilla, F. 1991. Citrus: A European project to study the robotic harvesting of oranges. *in Proceedings, 3rd Int. Symp. Fruit, Nut and Vegetable Harvesting Mechanization, Denmark-Sweden-Norway:331-338.*
- Kader, A.A. and Hussein, A. 2009.. Harvesting and postharvest handling of dates. *ICARDA, Aleppo, Syria. iv + 15 pp.*
- Kieffe, S., Morella, V. and Donath, M. 1991. Neural network learning of the inverse kinematic relationships for a robot arm. *Proceedings of the 1991 IEEE International conference on Robotics and Automation Sacramento, California - April 1991.*
- Klug, S., Möh, B., von Stryk, O. and Barth, O. 2005. Design and application of a 3 DOF bionic robot arm. *Proc. AMAM 2005, Illmenau, Germany, September 25-30, 2005:6p.*
- Koh, K.C. , Beom, H.R., Kim, J.S. and Cho, H.S. 1994. A neural network-based navigation system for mobile robots. *IEEE:2709-2714.*
- Kondo, N., Yamamoto, K., Yata, K. and Kurita, M. 2008. A machine vision for tomato cluster harvesting robot. *An ASABE Meeting Presentation Paper Number: 084044*
- Kondo, N., Ninomiya, K., Hayashi, S., Ota, T. and Kubota, K. 2005. A new challenge of robot for harvesting strawberry grown on table top culture. *An ASAE Meeting Presentation Paper Number: 053138.*
- Koyuncu, B. and Guzel, M. 2008. Software development for the kinematic analysis of a Lynx 6 robot arm. *International Journal of Applied Science, Engineering and Technology, 4,4:228-233.*
- Levi, P., Falla, R. and Pappalardo, R. 1988. Image controlled robotics applied to citrus fruit harvesting. *Procedures, ROVISEC-VII, Zurich.*
- Ling, P. P., Ehsani, R., Ting, K.C., Yu-Tseh, C., Ramalingam, N., Klingman, M. H., Draper, C. 2004. Sensing and end-effector for a robotic tomato harvester. *An ASAE/CSAE Meeting Presentation Paper Number: 043088.*
- Loghavi, M. and Abounajmi, M. 2000. Investigation the effects of shaking mode, frequency and amplitude on dates fruit detachment. *Shiraz University, shiraz, Iran.*
- Loghavi, M. and Abounajmi, M. 2001. Effects of shaking mode, frequency and amplitude on 'Shahani' date fruit detachment. I: Design and development of an experimental shaker. *Iran Agricultural Research. 20(2): 121-138.*

- Mayorga, V. and Sanongboon, P. 2005. Inverse kinematics and geometrically bounded singularities prevention of redundant manipulators: An artificial neural network approach. *Robotics and Autonomous Systems*, 53:164–176.
- Mazlounzadeh, M. and Shamsi, M. 2007. Evaluation of alternative date harvesting methods in Iran. *ISHS Acta Horticulture 736: III International Date Palm Conference, Abu Dhabi, United Arab Emirates*.
- Mazlounzadeh, S. M., Shamsi, M. and Nezamabadi-Pour, H. 2008. Evaluation of general-purpose lifters for the date harvest industry based on a fuzzy inference system Source. *Computers and Electronics in Agriculture*, 60 (1) :60-66.
- Mazlumzadeh, S. M. and Shamsi, M. 2003. Evaluation and determination of mechanization engineering parameters for date palm harvesting. *The third nation congress on agricultural machinery and mechanization, Shahid Bahonar university of Kerman (in Farsi)*.
- Monta, M., Kondo, N., Shibano, Y., Mohri, K. no date. End-effectors for agricultural robot to work in vineyard. *ISHS Acta Horticulture 399: Greenhouse Environment Control and Automation*.
- Morris A. S. and Mansor A. 1997. Artificial neural network for finding inverse kinematics of robot manipulator using look up table. *Robotica* ,15 : 617 – 625 .
- Murakami, N., Otsuka, K., . Inoue, K, Sugimoto, M. no date. Robotic cabbage harvester. Dept. of Farm Mechanization, National agriculture research center Kannondai 3-1-1 Tsukuba Science city, Japan.
- Nashi, K. and Shibano, Y. 1989. Agricultural robot with 8 degrees of freedom (I). *Sci. Rep. Fac. Agr. OKAYAMA Univ.*, 74:21-27.
- Niemueller, T. and Widyadharma, S. 2003. Artificial Intelligence – An introduction to robotics. (<http://www.niemueller.de/uni/roboticsintro/AI-Robotics.pdf>).
- Olawale, J., Oludele, A., Ayodele, A. and Alejandro, N. M. 2007. Development of a microcontroller based robotic arm. *Proceedings of the 2007 Computer Science and IT Education Conference* :549-557.
- Omar, A.H., Sial, F.S., Ahmed, A.E. and Abdalla, K.N. 1986. Modification of some industrial equipment to suit date palm orchards mechanization. *The first symposium on date palm in Saudi Arabia, Al-Ahsa*:543-554.
- Patiño, H. D., Carelli, R. and Kuchen, B. R. 2002. Neural networks for advanced control of robot manipulators. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 13 (2):343-354.
- Perkins, R. M. and Brown, G. K. 1964. Progress in mechanization of date harvesting. *Date Grower, s Institute report 41; 19-23, P.O.Box 81, Thermal, Calif*.
- Perkins, R. M. and Brown, G. K. 1967. Harvesting dates mechanically. *Transactions of the ASAE* , (10): 486-488.
- Peterson, D. L., Bennedsen, B. S., Anger, W. C. and Wolford, S. D. 1999. A systems approach to robotic bulk harvesting of apples. *Transactions of the ASAE*, 42(4): 871-876.
- Qiao, J., Sasao, A., Shibusawa, S. and Kondo, A. 2004. Mobile fruit grading robot concept and prototype. *An ASAE/CSAE Meeting Presentation Paper Number: 043086*.
- Rao, D. H. and Gupta, M. M. 1994. Performance comparison of dynamic neural networks as applied to robot inverse kinematic computations. *Proceeding of the American Control Conference Baltmorr, Mayland June 1994*.
- Regunathan, M. and Lee, W.S. 2005. Citrus fruit identification and size determination using machine vision and ultrasonic sensors. *An ASAE Meeting Presentation Paper Number: 053017*.
- Reynolds, L. no date.: Agrobots - Robots in Agriculture. *Roak Ely, Mekai Ely, Mark Cieslikowski Lincoln BCBS Team 07-0047*.

- Rodenburg, J. 2002. Robotic milkers : What, where And how much. *Ohio dairy management conference*.
- Rossing, W., Hogewerf, P.H., Ipema, A.H., Ketelaar-De Lauwere, C.C. and De Koning, C.J.A.M. 1997. Robotic milking in dairy farming. *Netherland Journal of Agricultural Science*, 45:15-31.
- Rovira-Mas, F., Han, S., Wer, J. and Reid, J.F. 2007. Autonomous guidance of a corn harvester using stereo vision. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal, Manuscript ATOE 07013*. Vol. IX. July, 2007.
- Sarig, Y. 1989. An integrated mechanical system for date orchard operation. *Transaction of the ASAE*. 89-1069.
- Sarig, Y., Tirosh, G. and Alper, Y. 1971. Development of a vibratory dates detacher. *Mikum Vehandassa behaklavt*. 15(6): 41-42.
- SAS. 1986. User's guide, statistical analysis system. *SAS Ins., Inc., SAS Circle*, P.O.Box 8000, Cary, N.C.
- Schertz, C. E. and Brown, G. K. 1968. Basic considerations in mechanizing citrus harvest. *Transactions of the ASAE*, 11:343-348.
- Selig, J. M. 1992. Introductory robotics. *Prentice Hall*.
- Shamsi, M. 1998. Design and development of a tree climbing date harvesting machine. Unpublished PhD diss. Silsoe College, Cranfield University, UK.
- Shigeniko, H., Katsunobu, G., Hidehito, K. and Mitsuji, M. 2003. Robotic harvesting system for eggplants trained in v-shape (Part 2)-Harvesting experiment for eggplants. *Journal of Society of High Technology*, 15 (4):211-216.
- Sial, F.S. and Khalid, M. 1983. Appropriate date mechanization technology for Arabian Oasis. *ASAE paper No. 83-1570*. St. Joseph, MI: ASAE.
- Sivaraman, B. and Burks, T. F. 2007. Robot manipulator for citrus harvesting: configuration selection. *An ASABE Meeting Presentation Paper Number: 071144*
- Sivaraman, B., Burks, T. F. and Schueller, J.K. 2006. Using modern robot synthesis and analysis tools for the design of agricultural manipulators. *Agricultural Engineering International the CIGR E Journal invited over view*. Paper No. 2 Vol. VIII January.
- Sivaraman, B. and Burks, T. F. 2005. Primary geometric performance indices for analysis and synthesis of a fruit harvesting robot arm. *An ASAE Meeting Presentation Paper Number: 053116*.
- Sivaraman, B. and Burks, T. F. 2006. Geometric performance indices for analysis and synthesis of manipulators for robotic harvesting. *Transactions of the ASABE Vol. 49(5)*: 1589-1597.
- Tarrío, P. A., Bernardos, M., Casar, J. R. and Besada, J. A. 2006. A harvesting robot for small fruit in bunches based on 3D stereoscopic vision. *Computers in Agriculture and Natural Resources, 4th World Congress Conference, Proceedings of the 24-26 July 2006 Orlando, Florida USA, Publication Date 24 July 2006, ASABE Publication Number 701P0606*. Eds. F. Zazueta, J. Kin, S. Ninomiya and G. Schiefer.
- Thwainy, A. 1993. Design of a palm harvesting and maintenance machine. *Unpublished M. Sc Thesis, Mechanical Eng. Dept., KAU, Jeddah, Daudi Arabia*.
- Thwainy, A. and Akyurt, M. 1998. Design of a Hi- lifter gripper for palm trees. *Applied Engineering in Agriculture*, 14(3): 215-221.
- Thwainy, A., Akyurt, M. and Abu-Masour, T.M. 1993. Choice of a service system for palm trees. *Journal of Islamic academy of sciences* 6:1, 73-81.
- Van Henten, E.J., Van Tuijl, B.A.J., Hemming, J., Kornet, J.G., Bontsema, J. and Van Os, E.A. 2003. Field test of an autonomous cucumber picking robot. *Biosystems Engineering*, 86 (3):305-313.

- Wallach, B. 2004. Requirements and specification of a robotic picker for fresh citrus and a virtual reality simulation of the picker harvesting oranges. *Citrus research board 2004 annual report*.
- Wamola, D. 2002. Characterization of a robot arm for use in acoustic experiments. *M.Sc. Thesis, Massachusetts Institute of Technology*:51p.
- Whitaker, D., Miles, G. E., Mitchell, O.R. and Gaultney, L. D. 1987. Fruit location in a partially occluded image. *Transactions of the ASAE*, 30(3):591-597.
- Wickham, J. S. 2000. Robotics harvesting. Aaron shumate. Northrop Grumman corporation.
- Yehia, I. 2003. Factors of design of a pushed pollination and palm serving machine. *11th Conf. of Misr Society Ag. Eng.*, 949-959.
- Yehia, I. 2005. Development of a pushed pollination and palm serving machine. *Misr J. Ag. Eng.*, 22 (1):115-126.

الفصل الثامن الملاحق

الملحق (A)

بيانات الذراع الآلي الأولى نوع Katana Robot Arm من شركة Neuronics



Contents

1	Introduction	1
2	Manufacturer's Instructions	2
2.1	Warning Notices and Symbols	2
2.2	Trademarks	2
2.3	Certification	2
2.4	Versions	2
2.5	Customer Service	2
2.6	Residual Risks	3
2.7	Liability	3
2.8	Guarantee	3
3	Safety	4
3.1	Essential Safety Instructions	4
3.2	Ten Tips for Successful Working	5
4	Storage and Shipment	6
4.1	Cleaning	6
4.2	Storage and Protection	6
4.3	Packaging and Transporting the Katana	6
4.4	Disposal of Packaging Materials	6
5	Hardware	7
5.1	Katana Robot	7
5.1.1	Katana 450: Models	7
5.1.2	Traverse Angles of the Joints	7
5.2	Katana Control	8
5.2.1	Internal Control Box	8
5.2.2	External Control Box	8
5.2.3	Ports	8
5.2.3.1	Ethernet	8
5.2.3.2	USB Device	9
5.2.3.3	USB Host	9
5.2.3.4	Digital Input/Output	9
5.2.3.5	Power Supply	10
5.2.3.6	Status Display	10
5.2.3.7	Main Switch	10
5.2.3.8	Katana Connection	10
5.2.4	Control Board Services	11
5.3	Payload	12
5.4	Accessories	14
5.4.1	Angular Gripper	14
5.4.2	Fingers	15
5.4.3	Parallel Gripper	16
5.4.4	Flange	17
5.4.5	Base Plate	17
5.4.6	Air Set	18
5.5	Kinematics and Coordinate Systems	19
5.5.1	Coordinate Systems and Definitions	19

5.5.1.1	Basic Coordinate System (Basic Frame)	19
5.5.1.2	Tool coordinate System (Tool Frame)	19
5.5.1.3	Angle Definitions	19
5.5.2	Modified Denavit-Hartenberg	22
5.5.2.1	Modified Denavit-Hartenberg Convention	22
5.5.2.2	Katana 6M180	22
5.5.2.3	Katana 6M90 with Gripper	24
5.5.2.4	Katana 6M90 with Flange	25
6	Getting Started	26
6.1	Installation	26
6.1.1	Assembly	26
6.1.1.1	Assembly with Internal Control Box	26
6.1.1.2	Assembly with External Control Box	27
6.1.2	Wiring	28
6.2	Cable Connections	28
6.2.1	Ethernet	29
6.2.2	USB	29
6.2.2.1	Windows XP	29
6.2.2.2	Linux	30
6.2.3	IP Configuration	30
6.3	Control Options	30
6.3.1	Katana4D	30
6.3.2	KNI	31
6.3.3	Standalone	31
7	Maintenance Instructions	32
7.1	Hardware	32
7.2	Firmware Update	32
7.2.1	Purchasing New Firmware	32
7.2.2	Installation from USB Stick	32
8	Support	33
8.1	Neuronics Support	33
8.2	Important Information	33
9	Appendix	34
9.1	Technical Data	34
9.2	Dimensions and Traverse Paths	35
9.2.1	6M180	35
9.2.2	6M90A	36
9.2.3	6M90B	37
9.3	Detailed Drawings of Accessories	38
9.3.1	Angular Gripper with Finger	38
9.3.2	Parallel Gripper	39
9.3.3	Flange	40

1 Introduction

Neuronics is the world's leading supplier of intelligent automation solutions for human-machine cooperation for use in industry, robotic services, research and didactics. Designed and built in Switzerland, the company's *intelligent & personal robots* impress with their compact dimensions, flexibility and user-friendliness in terms of both implementation and handling. This manual is intended for all users of a Katana 450 robotic arm. So that the Katana 450 can be made ready for its task in the optimum way and provide a safe and efficient solution meeting workspace and process requirements, the arm is available in both 90° configurations (A and B) and 180° configuration.

2 Manufacturer's Instructions

2.1 Warning Notices and Symbols

Before putting the Katana 450 into operation, you must read the user manual carefully, **paying particular attention to the safety instructions in Chapter 3**. Compliance with the instructions in the manual is mandatory. Instructions in the manual which have been marked for special attention **MUST** be followed. In this manual, all safety-relevant information is marked with the symbol shown in Figure 2.1.



Figure 2.1: In this manual, warning notices are marked with the above symbol.

2.2 Trademarks

"NEURONICS", "INTELLIGENT PERSONAL ROBOTICS" and "IPR BY NEURONICS" are registered trademarks of Neuronics AG, Zürich.

2.3 Certification

The Katana 450 bears the CE mark. In a risk analysis carried out by Electrosuisse under intended application conditions, the KATANA M5 and KATANA M6 robots were categorised as sufficiently safe (report no. Neu-040315).

2.4 Versions

Five generations have been developed consistently over recent years as the company pursues its commitment to responding to the needs of different customer groups.

2.5 Customer Service

The support team provides support and advice, is involved in programming and develops applications for Katana users. It can be reached via telephone or e-mail:

Tel.: +41 44 445 16 31

E-Mail: support@neuronics.ch

Please note support is not usually provided free of charge.

2.6 Residual Risks

There is a risk of injury when working with robots, in particular when manipulating fragile objects or items with sharp edges or points, or if such objects and items are located within reach of the robots.

If changes affecting the design and construction of the Katana need to be made, the risk of injury has to be reassessed and appropriate action taken to protect persons and property. Whenever intolerable risks prevail or risk to persons cannot be excluded in application, sufficient measures must be taken to cordon off or safeguard the area in which work is being carried out.



If the Katana 450 power supply fails, the joints will no longer function correctly. This can result in damage to objects being held by the gripper and items located within the area in which work is being carried out. We therefore recommend taking appropriate action (e.g. using an uninterruptible power supply) to avoid such damage.

2.7 Liability

Except for the case of deliberate concealment of defects, Neuronics AG may, in particular, not be held liable for damage to the goods as such or consequential damages to other assets or legal interests, respectively caused by or occurring due to the defect in question, nor for loss or costs incurred in connection with the use of or on grounds of the impossibility to use the product for any specific purpose. Implied warranty with respect to the application or applicability or fitness for use for a certain purpose is hereby explicitly excluded.

(Extract from our general terms and conditions.)

2.8 Guarantee

Neuronics guarantees that the delivered products are free of defects in material or fabrication. This guarantee applies provided that the products are properly used, operated and maintained in accordance with this user manual. We recommend that the products be serviced once a year.

The guarantee period is 12 months for new products and 6 months for spare and replacement parts, to be calculated from the date of delivery respectively. The guarantee will lapse in the case that service and repairs are not carried out by persons certified by Neuronics AG or if foreign spare parts are used. The rejected devices or parts thereof must be returned carriage paid.

(Extract from our general terms and conditions.)

3 Safety

3.1 Essential Safety Instructions

Considered in isolation, Katana is a safe automation component and therefore does not require a safety enclosure. However, this does not necessarily mean that the automation solution it is used to provide is safe enough not to require any additional protective measures. The user of the Katana bears full responsibility for compliance with application-specific safety regulations. Should grippers not approved by Neuronics be used or if hazardous objects are being manipulated, an application-specific risk analysis will need to be carried out and sufficient protective measures taken to provide an assurance of safe working. Neuronics accepts no responsibility whatsoever for accidents resulting in personal injury and damage to property which could be caused by application-specific hazards.

Anyone using Katana robotic arms must be familiar with the safety instructions and tips for use outlined in this document. Furthermore, they must receive training in the appropriate application from those persons who created or modified the application programs. We strongly recommend that anyone responsible for programming or configuring Katana robotic arms takes part in training provided by Neuronics or a Neuronics training partner.

3.2 Ten Tips for Successful Working

The following instructions are designed to facilitate safe and efficient working with the Katana 450:



1. A main calibration routine must always be carried out whenever a collision signal is output. Resuming the program immediately can lead to deviations with regard to the reaching of target positions. Neuronics can accept no responsibility for positioning accuracy following a collision.
2. Following teach-in and programming, traversing should initially be undertaken without a gripper. This is to avoid damage to the gripper should there prove to have been any programming errors.
3. When moved by hand, the Katana joints must not exceed a speed of 45° per second.
4. If you are working without a safety enclosure you should if possible mark out the effective area, in order to avoid malfunctions due to persons or objects entering it unintentionally.
5. If the power supply is disconnected or the motors are set to OFF via the software, you will need to use your hand to hold the Katana still. As the joints do not have a brake to hold them still, gravity will force the Katana to collapse in on itself.
6. We recommend wearing safety goggles to avoid eye injuries when working in the vicinity of robots.
7. Before start-up, you must check that the Katana robotic arm has been securely fastened to its working surface in compliance with the installation instructions.
8. If the use of the Katana robot or the handling of objects which have sharp edges or are dangerous poses a risk of damage to electrical cables, lines and switchgear, appropriate action must be taken to protect such equipment.
9. Users of robotic manipulators must be given regular training so that they are familiar with the risks, the necessary protective measures and the applicable rules of conduct.
10. The integration of components into an application can pose new risks. These risks must be assessed in the context of the engineering of the application and appropriate protective measures taken to reduce or eliminate them. Changes affecting design and construction can introduce new risks and potential hazards; these must also be countered by appropriate protective measures.

4 Storage and Shipment

4.1 Cleaning

For safety reasons, the mains cable connector must be unplugged from the socket prior to cleaning the robot or any accessories connected to it.

The robot should be wiped clean with a soft, slightly damp cloth. Alcohol (maximum 70%) or a cleaning agent containing alcohol (maximum 70% alcohol) can also be used to remove stubborn stains. Substances such as turpentine, thinners, or acetone must not be used. Such substances must not be allowed to come into contact with the electronics in particular. The use of compressed air for cleaning is not permitted. Abrasive cleaning agents can damage the surface of the robot.

4.2 Storage and Protection

In order to ensure maximum protection against dust and dirt, the robotic arm and its accessories must be kept sealed in the original packaging. The room temperature in the storage location should be between +5°C and +40°C. Relative humidity in the robot's storage and operating locations should be between 20% and 80% (non-condensing). We absolutely do not recommend taking the robot out of its packaging when in storage.

Alternatively, the robot can be kept in a clean and sealable plastic box.

Original packaging can be reordered from Neuronics AG.

4.3 Packaging and Transporting the Katana

In order to ensure maximum protection, the robot must only ever be transported with the original packaging in which it was supplied.

Packaging can be reordered from Neuronics AG in the event of loss or damage.

Alternatively, an aluminium case on rollers with a suitable foam lining can be purchased from Neuronics AG. Please call +41 44 445 16 40 for information about prices.

4.4 Disposal of Packaging Materials

The foam lining is a flexible reusable packaging solution which moulds around the shape of the robot to afford maximum protection during transportation. Since it can be reused, we recommend that you do not throw it away.

When disposing of the product and its packaging materials, compliance with local regulations and legislation must be ensured.

5 Hardware

5.1 Katana Robot

Three Katana models are available. They are the 6M180, the 6M90A and the 6M90B. They differ with regard to the arrangement of joint 6. Detailed drawings illustrating dimensions and traverse paths appear in the appendix (Chapter 9.2). The three models are illustrated in Section 5.1.1.

5.1.1 Katana 450: Models

All Katana 450 models shown in Figures 5.1 to 5.3 are fitted with Neuronics angular grippers.



Figure 5.1: 6M180

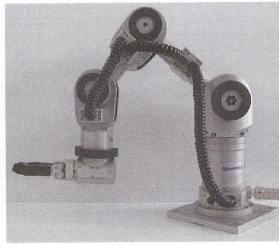


Figure 5.2: 6M90A

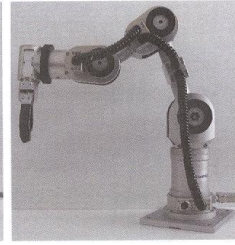


Figure 5.3: 6M90B

5.1.2 Traverse Angles of the Joints

The following maximum traverse angles are available to users for their handling tasks.

Joint	Absolute Angle	Relative Angle	Remark
Joint 1	339°	+/- 169.5°	
Joint 2	132°	+102° / -30°	
Joint 3	245°	+/- 122.5°	
Joint 4	224°	+/- 112°	
Joint 5	336°	+/- 168°	
Joint 6 (with flange)	329°	+ 299.5° / -29.5°	dependent upon the position of the stop screw



Flange operation:
Users wishing to set their gripper application at an angle will need to move the stop screw on joint 6 (in 90° increments). It is absolutely vital that this action is then entered in the Katana4D software, otherwise the kinematics will be distorted (for more information please see the Katana4D manual).

5.2 Katana Control

A Neuronics control box is needed to control the robot. There are two types of control box: an internal model and an external model. The internal control box is flange-mounted directly on the robot's foot; the external can be positioned at will within the vicinity of the robot (see Chapter 6.1.1).

5.2.1 Internal Control Box

Figures 5.4 and 5.5 show the ports and the controls on the internal control box. These are described in more detail in subsequent chapters.

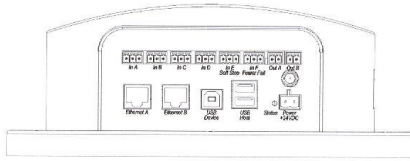


Figure 5.4: Internal control box: view from the front

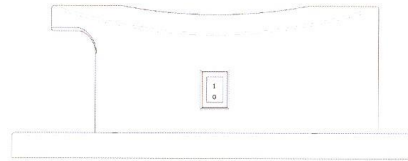


Figure 5.5: Internal control box: view from the right-hand side

5.2.2 External Control Box

Figures 5.6 and 5.7 show the ports and the controls on the external control box. These are described in more detail in subsequent chapters. When using the external control box, the maximum length of the control cable is 10m.

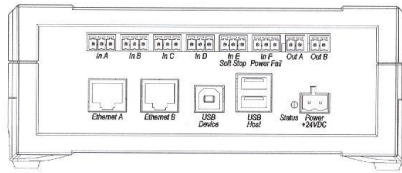


Figure 5.6: External control box: view from the front

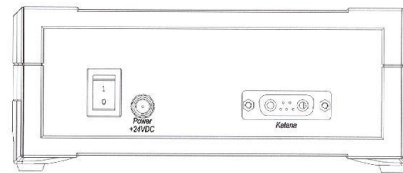


Figure 5.7: External control box: view from the rear

5.2.3 Ports

5.2.3.1 Ethernet

Two RJ45 Ethernet ports provide full TCP/IP support for LAN and web applications. The control board's IP number and net mask are set to fixed values but can be changed if required.

Control via Ethernet:

IP Address: 192.168.168.232
Net Mask: 255.255.255.0

If required, fieldbuses like ProfiNET or EtherCAT can be connected to the control box with a bus coupler (on Modbus/TCP via the Ethernet port).

5.2.3.2 USB Device

The availability of a USB port offers an alternative control option to the Ethernet port. It is useful in particular if safety regulations prevent the integration of Ethernet into an existing network. A special driver is needed for the USB connection; it can be found on the Katana4D installation path under "Drivers".

Control via USB:

IP Address: 192.168.1.1
 Net Mask: 255.255.0.0

5.2.3.3 USB Host

Two USB host ports provide options for connecting USB sticks (firmware update and standalone program memory) for the Neuronics control pad and customer-specific interfaces with peripheral equipment.

5.2.3.4 Digital Input/Output

The control box features the following eight digital inputs/outputs.

- In A-D** Four digital inputs
- In E** *Soft Stop* Enables the program to be stopped via an external signal
- In F** *Power Fail* Signal from the UPS (uninterruptible power supply) for the robot to return to the home position
- Out A-B** Two digital outputs

The pin assignment of the inputs and outputs is determined by the jumper setting of the control board. By default, the jumpers are set to 'Active Low' (see Figure 5.10). This setting can be adjusted if necessary. To access the jumpers, the control box housing needs to be removed first. Please contact Neuronics Support for assistance with this. Figures 5.8 to 5.10 illustrate the inputs and output circuitry as well as the three possible jumper configurations.

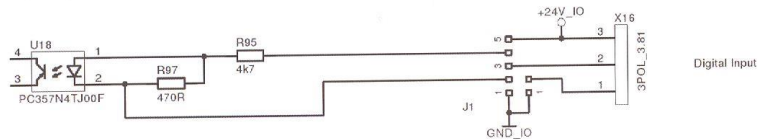


Figure 5.8: Digital input circuitry

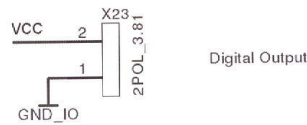


Figure 5.9: Digital output circuitry

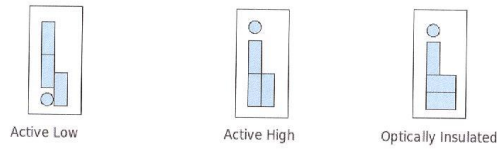


Figure 5.10: Jumper settings

5.2.3.5 Power Supply

The power supply connection (jack socket) is located at the front (internal control box) or the rear (external control box); it is marked "Power +24VDC". Please only use the Neuronics power pack (24 V DC) included in the scope of supply.

5.2.3.6 Status Display

The integrated status LED provides up-to-date information about the status of the control box. The most important LED statuses are listed below:

- | | |
|--------------------|---|
| Lit up RED | <ul style="list-style-type: none"> • The control box is not yet ready for operation (during the warm-up phase; this lasts approx. 30 • Malfunction • During the update process via USB stick |
| Lit up GREEN | <ul style="list-style-type: none"> • The control box is ready for operation. |
| Flashing RED/GREEN | <ul style="list-style-type: none"> • The update process is complete. |



During the update process the USB stick must NOT be removed and the control box must NOT be shut down. Noncompliance with this instruction could damage the electronics board beyond repair!

5.2.3.7 Main Switch

The main switch is located on the right-hand side (internal control box) or at the rear (external control box).



Pressing the switch during operation will cause the Katana to collapse in on itself!

5.2.3.8 Katana Connection

The connection for the D-SUB cable to the Katana robot is located on the rear of the external control box. Please only use the Neuronics D-SUB cable included in the scope of supply. A cable is not required to operate the internal control box, since the box is flange-mounted directly on the robot's foot.

5.2.4 Control Board Services

The control board supports the following services:

- Telnet
- FTP
- HTTP
- XML-RPC
- SOAP
- Modbus

5.3 Payload

If customer-specific payloads are to be used on the Katana flange, the permissible actual loads must be taken into account. The position of the centre of gravity of the add-on component on the flange is defined by the radial clearance L_{xy} along with the axial clearance L_z (see Figure 5.11). Figure 5.12 shows the maximum values applicable for L_{xy} (x axis), L_z (y axis) and the add-on weight m .

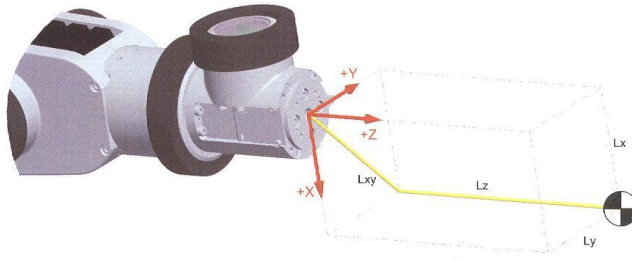


Figure 5.11: Payload centre of gravity

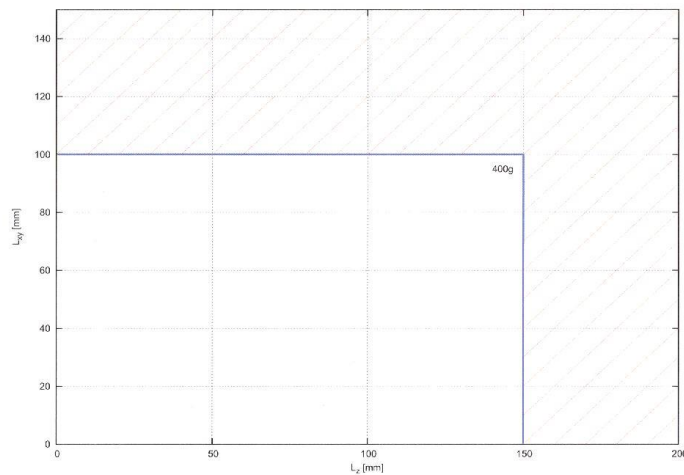


Figure 5.12: Payload diagram

Maximum values:	$L_{xy_{max}}$	100 mm
	$L_{z_{max}}$	150 mm
	m_{max}	400 g

5.4.2 Fingers

The Neuronics fingers are the standard gripper solution supplied for general handling tasks with the Katana. The associated angular gripper is described in Chapter 5.4.1.

Figure 5.14 shows how the fingers are mounted on the angular gripper.

Please note: When you order a Katana with gripper fingers, these will be delivered ready-mounted on the body of the gripper. If you order a pair of fingers separately, the scope of supply will include the individual parts 2-4 (Figure 5.14).



Figure 5.14: Finger assembly

5.5 Kinematics and Coordinate Systems

5.5.1 Coordinate Systems and Definitions

5.5.1.1 Basic Coordinate System (Basic Frame)

The origin of the basic coordinate system is located at the point where the rotary axes of motor 1 and motor 2 intersect (centre of joint 2). The z axis represents the rotary axis of motor 1. Figure 5.18 shows the origin of the basic coordinate system in plan view. The x axis is located exactly in the centre of the working area.

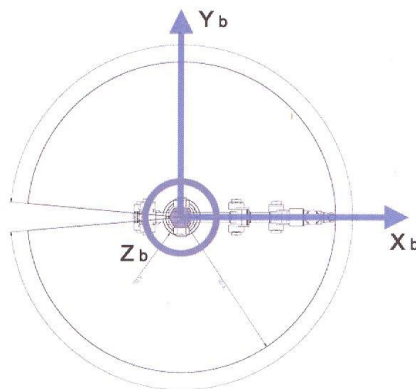


Figure 5.18: Basic coordinate system, plan view

Figure 5.19 shows the robot with all axes in mechanical stop (the position approached during the main calibration routine) with the basic coordinate system drawn in.

5.5.1.2 Tool coordinate System (Tool Frame)

The tool coordinate system is located in the robot's tool. The position is defined by the tool centre point (TCP). The position and orientation of the tool coordinate system are defined as translatory and rotary transformations of the basic coordinate system. Z-X-Z Euler angles are used for orientation. As the tool coordinate system moves with the tool, its position in relation to it always remains the same, even if its position in space changes. The tool coordinate system is also a right-handed system and is defined by the following vectors: x_{tool} , y_{tool} and z_{tool} . The positive z_{tool} axis always points towards the tool, away from the robot. If a gripper has been mounted, the tool coordinate system will be entered as per standard (in other words, as illustrated in Figure 5.20).

5.5.1.3 Angle Definitions

The angle definitions in the Katana4D software differ from the angles calculated in the case of kinematics in accordance with the modified Denavit-Hartenberg convention (mDH, see Chapter 5.5.2). The two illustrations that follow (Figure 5.21) show the angle definitions from Katana4D followed by those as they are used in the kinematics. The angles in the kinematics are defined in accordance with the 'right-hand rule'. Each of the z axes is also shown in the figure. The images have been taken from the Katana 6M180 by way of example.

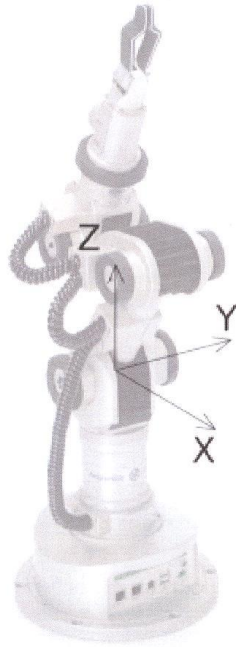


Figure 5.19: Basic coordinate system

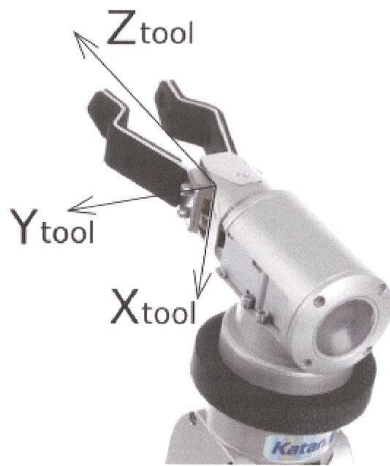


Figure 5.20: Tool coordinate system

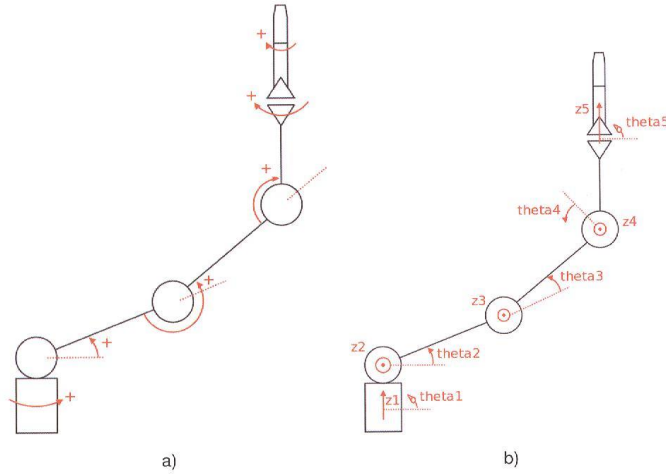


Figure 5.21: Angle definition a) in K4D b) in the kinematics

The formulae in the following tables can be used to convert the angles from Katana4D (K4D) to a kinematic definition, where θ_1 to θ_4 on robot models 6M180, 6M90 with gripper (6M90G) and 6M90 with flange (6M90T) are defined as identical, and θ_5 and if applicable θ_6 are different in this calculation:

Angle [Model]	K4D \rightarrow Kin	Kin \rightarrow K4D
θ_1	$\theta_1^{kin} = \theta_1^{k4d} - \pi$	$\theta_1^{k4d} = \theta_1^{kin} + \pi$
θ_2	$\theta_2^{kin} = \theta_2^{k4d}$	$\theta_2^{k4d} = \theta_2^{kin}$
θ_3	$\theta_3^{kin} = \theta_3^{k4d} - \pi$	$\theta_3^{k4d} = \theta_3^{kin} + \pi$
θ_4	$\theta_4^{kin} = \pi/2 - \theta_4^{k4d}$	$\theta_4^{k4d} = \pi/2 - \theta_4^{kin}$
θ_5 [6M180]	$\theta_5^{kin} = 3\pi/2 - \theta_5^{k4d}$	$\theta_5^{k4d} = 3\pi/2 - \theta_5^{kin}$
θ_5 [6M90G]	$\theta_5^{kin} = \pi/2 - \theta_5^{k4d}$	$\theta_5^{k4d} = \pi/2 - \theta_5^{kin}$
θ_5 [6M90T]	$\theta_5^{kin} = \pi/2 - \theta_5^{k4d}$	$\theta_5^{k4d} = \pi/2 - \theta_5^{kin}$
θ_6 [6M90T]	$\theta_6^{kin} = \pi/2 - \theta_6^{k4d}$	$\theta_6^{k4d} = \pi/2 - \theta_6^{kin}$

The positive encoder direction is again defined differently, although it is set by the integration of the motors (see Figure 5.22). The following formulae should be used for encoder to angle conversion (in accordance with mDH) and vice versa:

$$\theta = angleOffset + rotationDirection \cdot \frac{encoder - encoderOffset}{epc} \cdot 2\pi$$

$$encoder = round(encoderOffset + rotationDirection \cdot \frac{\theta - angleOffset}{2\pi} \cdot epc)$$

The *angleOffset* (angle of the calibration stop), *rotationDirection* (comparison of the direction of rotation between encoder and angle), *encoderOffset* (encoder value at calibration stop) and *epc* (number of encoders per 360° revolution) are determined by the hardware, geometry and calibration of the robot (see Figure 5.22).

- 6 spring lock washers Ø3.1xØ5.6x1 (DIN 7980)

Note: All the above standard parts are part of the scope of supply of the base plate or the equipment configuration with an external control box.

6.1.2 Wiring

The following components have to be connected following assembly in order to work with the Katana (see Chapter 5.2.3).

- 220/24 V power pack for power supply
- USB or Ethernet cable for connection to a PC
- Connecting cable for Katana communication (external control box only)

6.2 Cable Connections

Figures 6.3 and 6.4 show two ways of connecting the Katana robot to a PC for control purposes: Ethernet and USB.

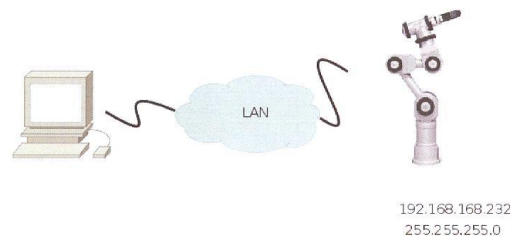


Figure 6.3: Connecting the Katana robot to a PC via Ethernet.



Figure 6.4: Connecting the Katana robot to a PC via USB

6.2.1 Ethernet

The robot can be connected either to an existing LAN or to a PC directly via a crossed network cable. The standard IP configuration of the robot on Ethernet is:

IP Address: 192.168.168.232
 Net Mask: 255.255.255.0

6.2.2 USB

Connection via USB is an alternative to the Ethernet port. It is of use primarily if the Katana cannot be integrated into a company network for reasons associated with IT guidelines. Connection via USB provides a point-to-point link to the robot via the TCP/IP protocol, in exactly the same way as connection over Ethernet.

The standard IP configuration of the robot on the USB port is:

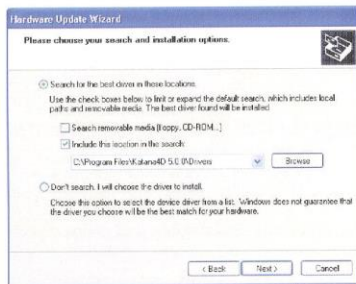
IP Address: 192.168.1.1
 Net Mask: 255.255.0.0

6.2.2.1 Windows XP

A special driver has to be installed when the control box is connected to the control PC for the first time.



Select the third option.



Enter the path to the driver in this dialog box. This is located in the Katana4D installation directory under 'Drivers'.

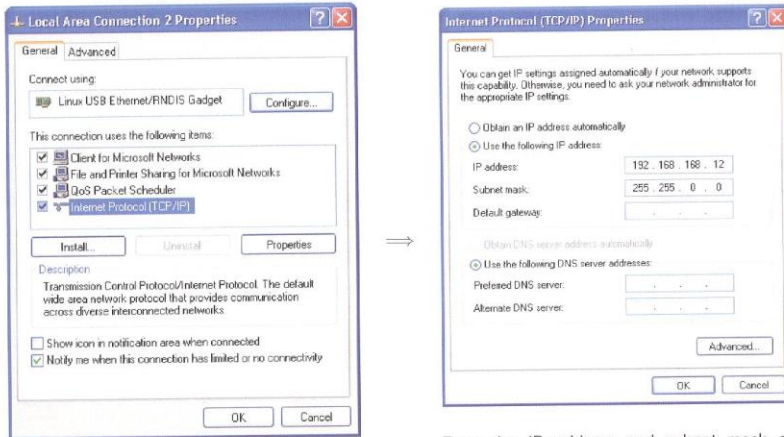


Select the option for advanced users.



The driver is installed.

A network connection has been added which now needs to be configured. Click **Start**→Control Panel→Network Connections. Then select the newly created connection and edit its settings.



Double-click 'Internet Protocol(TCP/IP)'

Enter the IP address and subnet mask as shown. The remaining fields remain blank.

6.2.2.2 Linux

A USB connection under Linux requires that the 'usbnet' kernel module has been installed. Check this with `lsmod | grep usbnet`. If the module has not been installed, it can be with `modprobe usbnet`. Next, the usb0 interface is configured.

```
ifconfig usb0 192.168.1.12 netmask 255.255.0.0
ifup usb0
```

6.2.3 IP Configuration

The IP address and net mask can be modified at will. To do this, open a web browser and go to the Katana website by entering its current IP address, for example `http://192.168.168.232/`. The (Ethernet) IP configuration and the USB IP configuration can be set in the web interface under Settings.

6.3 Control Options

The Katana supports three control options: Katana4D, KNI and standalone mode.

6.3.1 Katana4D

The easiest option is to control the robot using Neuronics' Katana4D software. You will need a PC with a Windows operating system and an Ethernet or USB port. Neuronics Customer Service can provide detailed information about system requirements.

ARC Mate® 100iC & 100iC/6L

Basic Description

The ARC Mate 100iC series is a six-axis, modular construction, electric servo-driven family of robots designed for precise, high-speed welding and cutting. Based on its simple and reliable construction, the ARC Mate 100iC and ARC Mate 100iC/6L provide accurate and consistent path performance. The robot controller and easy-to-use ArcTool® software provide reliable performance with high productivity.

The ARC Mate 100iC robot series has a process specific design that protects the weld torch cable from the wire feeder to the torch goose neck, reducing cable wear and minimizing wire feeder issues. This simplified routing prevents cable interference with parts and tooling and allows offline programs to be generated and tested without compensating for the torch cable.

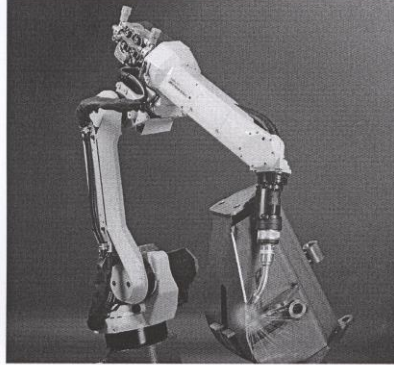
Benefits

- Process specific arm protects and minimizes wear of the torch cable.
- Features highest motion speeds in class for maximum performance and productivity.
- Best in class reach versus stroke ratio.
- Compact design simplifies installation and transportation of system.
- The ARC Mate 100iC series offers an extremely large work envelope useful for large parts or complex tooling.
- Extremely fast wrist axes reduces aircut times, thus improving throughput.

Features

- Slim wrist size enables the robot to enter into smaller openings in the work space.

Note: ARC Mate is a registered trademark of FANUC LTD.



FANUC
Robotics

- J3 flip-over capability provides large working envelope that is ideal for inverted applications.
- Designed with integral utilities including gas/air lines and a Lincoln Electric wire feed motor cable routed inside the robot arm. This offers improved reliability, reduced setup time and eliminates external cabling requirements.

- Wire feed motor (up to 12 kg) mounted behind the J4 hollow opening, shortens welding torch length which improves wire feed reliability and arc start capability.

- "Plug and play" simplicity with Lincoln Electric's Power Wave™ or STT™ (Surface Tension Transfer) power sources.
- Arc welding teach pendant with application-specific hard keys offers intuitive control over the process.

- Compatible with all major brands of welding equipment.
- Interfaces with most types of servo-driven or indexing positioners.

- ARC Mate 100iC has 1,420 mm reach and 1,066 mm stroke.
- ARC Mate 100iC/6L has 1,632 mm reach and 1,154 mm stroke.
- 10 kg payload on faceplate for ARC Mate 100iC.
- 6 kg payload on faceplate for ARC Mate 100iC/6L.

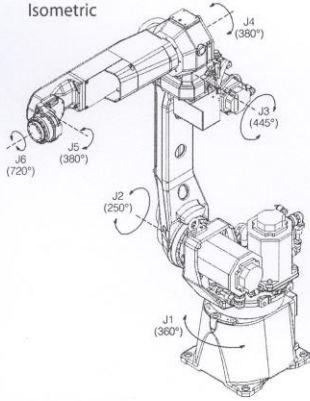
- Multiple mounting positions include upright, inverted, wall or angle mount with no changes to the mechanical unit.

Options

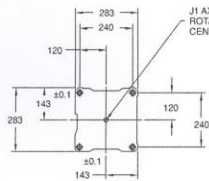
- ServoTorch™ provides precise wire feed control for aluminum and soft wire application.
- Integrated weld power cable
- EMI shielding kits for TIG (GTAW), plasma (PAW) and plasma cutting (PAC) allow operation in harsh EMI (electro-magnetic interference) environments.
- Multiple process I/O welding boards integrate multi-channel welding equipment such as 4 channel TIG and 3 channel MIG.
- Various robot connection cable lengths for flexible cabinet placement and optional track rated cables.
- J1 axis stroke modification kit.
- Auxiliary axis packages for integration into welding positioners.
- iRVision™ (Integrated Robot Vision) system delivers high-performance 2-D and 3-D machine vision capabilities with FANUC reliability.

ARC Mate 100iC Dimensions

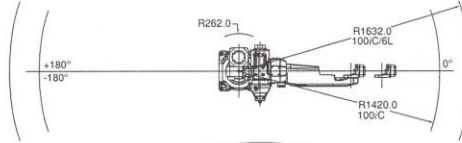
Isometric



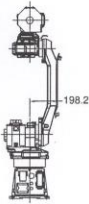
Footprint



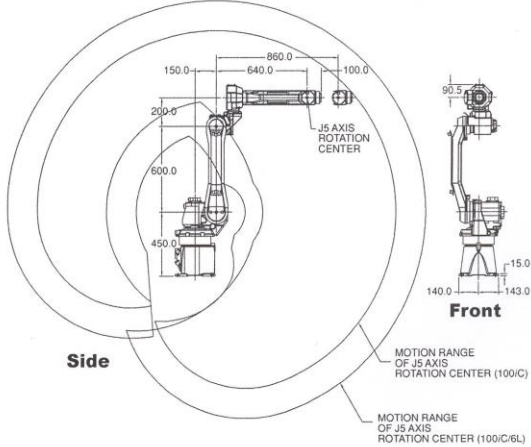
Top



Back



Side



Front

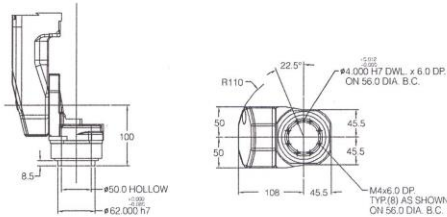
MOTION RANGE OF J5 AXIS ROTATION CENTER (100iC)
MOTION RANGE OF J5 AXIS ROTATION CENTER (100iC/6L)

ARC Mate 100iC Specifications

Items	AM100iC	AM100iC/6L
Axes	6	6
Payload (kg)	10	6
Reach (mm)	1420	1632
Repeatability (mm)	±0.08	±0.1
Interference radius (mm)	262	262
Motion range (degrees)		
J1	360	360
J2	250	250
J3	445	447
J4	380	380
J5	380 / 280 ⁽¹⁾	380 / 280 ⁽¹⁾
J6	720 / 540 ⁽¹⁾	720 / 540 ⁽¹⁾
Motion speed (degrees/s)		
J1	210	210
J2	190	190
J3	210	210
J4	400	400
J5	400	400
J6	600	600
Wrist moments N-m (kgf-m)		
J4	22 (2.2)	15.7 (1.6)
J5	22 (2.2)	10.1 (1.0)
J6	9.8 (1.0)	5.9 (0.6)
Wrist load inertia (kg-m²)		
J4	.63	.63
J5	.63	.38
J6	.15	.061
Mechanical brakes	All axes	All axes
Mechanical weight (kg)	130	135
Mounting method⁽²⁾	Floor, ceiling, angle, and wall	Floor, ceiling, angle, and wall
Installation environment		
Temperature (°C)	0 to 45	0 to 45
Humidity	Normally: 75% or less Short term (within a month): 95% or less No condensation	
Vibration (m/s ²)	4.9 or less	
Payload at axis 3 (kg)	12	12

Notes:
(1) J5 and J6 motion range when internal torch cable is installed.
(2) Motion range is de-rated for wall and angle mount.

Wrist



Note: Dimensions are shown in millimeters.
Detailed CAD data are available upon request.

Intelligent Robot Solutions

FANUC
Robotics

FANUC Robotics America, Inc.
3900 W. Hamlin Road
Rochester Hills, MI 48309-3253
(248) 377-7000
Fax (248) 377-7362

Charlotte, NC
(704) 596-5121

Toronto, Canada
(905) 812-2300

Chicago, IL
(847) 898-6000

Montréal, Canada
(450) 492-9001

For sales or technical information, call:
1-800-Q-ROBOT • 1-800-47-ROBOT

Cincinnati, OH
(513) 754-2400

Aguaascalientes, Mexico
52 (449) 922-8000

Los Angeles, CA
(949) 595-2700

Sao Paulo, Brazil
(55) (11) 3619-0599

marketing@fanucrobotics.com
fanucrobotics.com

Toledo, OH
(419) 866-0788

©2007 FANUC Robotics America, Inc. All rights reserved. FANUC ROBOTICS LITHO IN U.S.A. FRA-05/09

المصطلحات الإنجليزية المعربة

المقابل باللغة العربية	الكلمة باللغة الإنجليزية
برنامج السيطرة	Control Program
برنامج المستخدم	User Program
تخطيط المسار	Trajectory Planning
التدرج	Grading
التشكيلة الكيناميتكية	Kinematical Configuration
تنوع الوضع	Posture Diversity
حركة الكتف	Shoulder Rotation
حركية الربوط	Robot Manipulability
الحصاد	Harvesting
الحلب	Milking
درجات الحرية	Degrees Of Freedom
الذراع الممفصل	Articulated Robot
الرسغ	Wrist
الساعد	Forearm
سلوك تفاعلي	Reactive Behavior
سلوك طارئ	Emergent Behavior
سهمة الشكل	Sagittal
السوق	Drive
الشبكات العصبية الاصطناعية	Artificial Neural Networks (ANN)
طريقة التعلم الخلفية الانتشار	Back-Propagation Learning Algorithm
عصبونات أو عقد	Neurons ،Nodes
عصبي ضبابي	ANFIS
العضد	Upper Arm

المقابل باللغة العربية	الكلمة باللغة الإنجليزية
الفرز	Sorting
القص	Shearing
الماسكة	Gripper
مجسم ناقص	Manipula-Bility Ellipsoid
المحاور	Axes
محسات الأشعة	Infra Red Sensors
المحسات البصرية	Optical Sensors
المحسات الحسية	Induction Sensors
المعالج الميكانيكي	Manipulator
معلم	Supervised
مفصل الكتف	Shoulder Join
مفصل المرفق	Elbow Joint
منصة	Platform
منظومات أمامية	Frontal
المؤثر النهائي	End Effector
نقاط نهاية	End Points