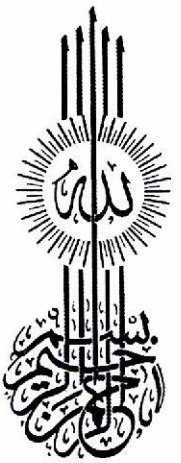
بسم الله الرحمن الرحيم

المحاكاة الإحصائية الحديثة ومحاكاة النظم ونظام المحاكاة متعددة الأغراض GPSS

المقرر الأول

تأليف

زافين أ. كاريان
جامعة دينيسون
جرانفيل - أوهايو

إدوارد ج. دوديويز
جامعة سيراكيوس
سيراكيوس، نيويورك

ترجمة
د.م. سرور علي إبراهيم سرور
الأستاذ بكلية الاقتصاد والإدارة
جامعة الملك سعود - فرع القصيم

مراجعة
د. عبد الله بن سليمان العزاز
عميد كلية الاقتصاد والإدارة
جامعة الملك سعود - فرع القصيم

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود
ص.ب ٦٨٩٥٣ الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤١٩هـ (١٩٩٩م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

كاريان، زافين أ.

المحاكاة الإحصائية الحديثة ومحاكاة النظم ونظام المحاكاة متعددة الأغراض GPSS المقرر الأول/ زافين أ. كاريان، إدواردج. دوديويز؛ ترجمة سرور علي إبراهيم سرور، عبدالله بن سليمان العزاز - الرياض.

٦٣٧ ص، ١٧ × ٢٤ سم

ردمك ٧- ٧١٢ - ٠٥ - ٩٦٠

١ - الإحصاء - معالجة البيانات أ - دوديويز، إدواردج (م. مشارك)

ب - سرور، سرور علي إبراهيم (مترجم)

ج - العزاز، عبد الله بن سليمان (مترجم) د - العنوان

ديوي ٥١٩,٥٠٢٨٥ ١٩/٠٢١٣

رقم الإيداع ١٩/٠٢١٣

ردمك : ٧ - ٧١٢ - ٠٥ - ٩٩٦٠

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس على نشره- بعد اطلاعه على تقارير المحكمين - في اجتماعه الحادي والعشرين للعام الدراسي ١٤١٦/ ١٤١٧هـ المعقود بتاريخ ٧/ ٢/ ١٤١٧هـ الموافق ٢٣/ ٦/ ١٩٩٦م.

النشر العلمي والمطابع ١٤١٩هـ

تقديم

سبحانك اللهم لا علم لنا إلا ما علمتنا إنك أنت العليم الحكيم، ونصلي ونسلم على من جاء بالهدى والنور، نبينا محمد، وعلى آله وأصحابه الغر الميامين.

وبعد

فهذا كتاب جديد في مجال المحاكاة يترجم ضمن سلسلة الكتب التي تتولى كلية الاقتصاد والإدارة ترجمتها في مجال المحاكاة. ولا يعد الكتاب جديدا على المكتبة العربية فحسب بل على المكتبة الإنجليزية أيضا. فلا يتناول الكتاب مفاهيم المحاكاة والمواضيع النظرية والإحصائية للمحاكاة بمفردها. كما لا يتناول الكتاب سمات لغة المحاكاة: "نظام محاكاة الأغراض العامة" كدليل للغة فقط. بل إنه يتناول جانبي موضوع المحاكاة: المفاهيم والمواضيع النظرية والإحصائية، ولغة المحاكاة مع التطبيق العملي لهما. وهذا ما يميز الكتاب الحالي بصفة عامة.

وقد أصبحت المحاكاة من أهم مواضيع الساعة ليس فقط لمحاكاة نظم إنتاج سلع بل أيضا لمحاكاة نظم إنتاج الخدمات. ومن المهم بمكان ألا يقوم الدارس بإجراء تشغيل لمرة واحدة للمحاكاة كما يحدث عادة بل يجب أن يعرف خواص نظم المحاكاة ليحدد العدد المناسب لمرات التشغيل اللازم لاستخلاص نتائج فعالة حتى تصبح المحاكاة ذات فائدة فعلا. كما أنه من المناسب أيضا أن يتعرف الدارس على كيفية عمل طرق الأرقام العشوائية ومدى صلاحيتها أو تصورها قبل استخدامها في نموذج المحاكاة. ويقدم هذا الكتاب الأسس العلمية الصحيحة لعمل المحاكاة وطرق الاستفادة القصوى منها. الأمر الذي يجعله كتابا فريدا في المحاكاة. ولهذا فقد وقع اختيار كلية الاقتصاد والإدارة عليه ليكون كتابا دراسيا لمقرر ٤٤٥ كمي "المحاكاة في الإدارة"، وهو اختيار موفق بإذن الله تعالى.

ولا يفوتنا في هذه السطور إلا أن ننوه بالجهد العلمي المشكور الذي بذله كل من سعادة الدكتور/ سرور علي إبراهيم سرور الأستاذ بقسم الأساليب الكمية بالكلية في ترجمة الكتاب والدكتور/ عبد الله بن سليمان العزاز عميد الكلية في مراجعته، فجزاهما الله خير الجزاء على هذا العمل القيم.

نسأل الله سبحانه وتعالى أن يبارك في الجهود وأن يجعل جميع أعمالنا خالصة لوجهه. إنه سميع مجيب.

د. حمد بن سليمان البازعي

عميد كلية الاقتصاد والإدارة بالنيابة (سابقا)

مقدمة المترجم

الحمد لله رب العالمين- والصلاة والسلام على أشرف المرسلين، سيدنا محمد وعلى آله وصحبه ومن تبعه بإحسان إلى يوم الدين.

وبعد

تعد المكتبة العربية في أمس الحاجة إلى كتب في موضوع هذا الكتاب. ومن الملاحظ أن الكتب التي أعدت باللغة الإنجليزية في المحاكاة يركز البعض منها على المفاهيم والمواضيع النظرية والإحصائية والتي تساعد الدارس على أن يتعلم أفضل طرق تصميم المحاكاة وتحليل مخرجاتها مع عدم تمييز تعقيد التطبيقات، ويركز البعض الآخر على وصف إحدى لغات المحاكاة بشيء من التفصيل يشبه دليل اللغة مع تركيز أقل على المفاهيم، الأمر الذي يساعد الدارس على تعلم البرمجة دون التعرف على كيفية حل المشاكل وكيفية تحليل المخرجات. وهذا ما يجعل اختيار كتاب دراسي في المحاكاة أمرا محيرا. فهل يقع الاختيار على أحد كتب المجموعة الأولى مع التضحية بتعقيد التطبيقات؟ أم على أحد كتب المجموعة الثانية مع التضحية بالمفاهيم؟

ويضع الكتاب الحالي حلا لهذه المشكلة، إذإنه يستخدم طريقة حديثة توفر ثلاثة عناصر:

١- إعداد قاعدة نظرية لطرق المحاكاة، حتى يتعرف الدارس على أفضل مولدات الأرقام العشوائية، وعلى المدى الزمني لتشغيل المحاكاة، وكيف تحلل مخرجات المحاكاة لتحقيق بعض الأهداف التجريبية الأكثر أهمية.

٢- تقديم تفاصيل لإحدى لغات المحاكاة (نظام محاكاة الأغراض العامة GPSS) ليستطيع الدارس أن يعد نماذج معقدة تعقيدا مناسبا، مع شمول هذه النماذج

على مولدات أرقام عشوائية وطرق مناسبة لتحديد المدى الزمني لتشغيل المحاكاة، وإجراء تحليل إحصائي صحيح.

٣- تكامل العنصرين السابقين في صورة حالة دراسية شاملة لمحاكاة أحد النظم. الأمر الذي قدم عن طريق تحليل حالة دراسية لمشكلة نقل مع تقديم تفاصيل تشمل تصميمًا تجريبيًا ومحاكاة GPSS.

ويمكن أن يستخدم هذا الكتاب في تدريس مقرر عن المحاكاة أو مقرر عن الإحصاء. فتقدم الفصول الأول والثاني والخامس والسابع الأساس لمقرر عن المحاكاة باستخدام لغة GPSS وتتوج هذه الفصول بالفصل الثامن والذي يفترض معرفة بسيطة للدارس بالتصميم التجريبي الأولي من الفصل السادس. ومثل هذا المقرر يناسب مقررات المحاكاة التي تقدم في كليات إدارة الأعمال، الأمر الذي كان وراء اختيار هذا الكتاب ككتاب دراسي لمقرر ٤٤٥ كمي- المحاكاة في الإدارة بقسم الأساليب الكمية- بكلية الاقتصاد والإدارة بالقصيم.

وتقدم الفصول الأول والثالث والرابع والسادس الأساس المفاهيمي للمحاكاة بأي لغة وتشمل العناصر الهامة في تحليل وتصميم المحاكاة. ويجب أن يركز على هذه الفصول وأن تغطي تغطية كاملة مع التأكد من تعلم الدارسين المواضيع اللازمة لعمل المحاكاة مستقبلا في مقرر عن الإحصاء للمحاكاة. كما تتوج هذه الفصول بالفصل الثامن أيضا كتطبيق عام. ويناسب مثل هذا المقرر الطلبة الدارسين للرياضيات مع إعدادهم المسبق بدراسة مقرر في الإحصاء.

وقد راعينا في ترجمة الكتاب الحفاظ على أسلوب مؤلفيه وكافة التوضيحات المستخدمة فيه لوضع صورة كاملة للكتاب بين يدي القارئ العربي. ونرجو من الله أن نكون قد وفقنا في إضافة كتاب قيم جديد للمكتبة العربية.

ولا يسعنا إلا أن نتقدم بخالص الشكر والعرفان لسعادة الدكتور/ حمد بن سليمان البازعي عميد كلية الاقتصاد والإدارة بالقصيم بالنيابة (سابقا) على تشجيعه الدائم لترجمة أمهات الكتب في جميع مجالات تخصصات الكلية وكذلك سعادة

الدكتور/ عبد الله بن سليمان العزاز عميد الكلية لجهده الصادق في مراجعة ترجمة الكتاب.

وعلى الله قصد السبيل،

المترجم

المقدمة

PREFACE

الغرض الأولي من هذا الكتاب هو توفير كتاب دراسي حديث يقدم النظرية والتطبيق لمحاكاة الحدث المتقطع. وتقع معظم الكتب عن هذا الموضوع في إحدى فئتين. فالبعض يركز على المفاهيم والمواضيع النظرية والإحصائية. وفي مثل هذه الكتب، يمكن أن يتعلم الدارس أفضل الطرق لتصميم محاكاة وتحليل مخرجاتها، إلا أنه يفتقر إلى إدراك تعقيد التطبيقات، حيث إن مثل هذه الكتب تعالج التطبيقات بلغة برمجة محددة بطريقة سطحية فقط. وتصف الكتب الأخرى لغة محاكاة معينة بتفاصيل أكثر، مثل دليل اللغة تقريبا، إلا أنها تعطي انتباها متواضعا للمواضيع المفاهيمية. وفي مثل هذه الكتب، يمكن أن يتعلم الدارس كيفية البرمجة، وليس ما يتم برمجته، أو المدى الزمني لتشغيل البرنامج، أو كيف يحلل المخرجات.

وفي رأينا، أن الطريقة الحديثة تتطلب أكثر من أي مما تقدمه هذه البدائل. فيجب أن يقدم الكتاب الحديث حاليا ثلاثة عناصر على الأقل. فيجب أن يعد قاعدة نظرية لطرق المحاكاة، بحيث يعرف الدارس أي مولدات الأرقام العشوائية تكون جيدة، وما المدى الزمني لتشغيل المحاكاة، وكيف يحلل المخرجات من تشغيل المحاكاة لتحقيق بعض من الأهداف التجريبية الأكثر أهمية. كما يجب أن يقدم كذلك تفاصيل للغة محاكاة هامة (نظام محاكاة الأغراض العامة General Purpose Simulation System(GPSS)) لتمكين القارئ من إعداد نماذج معقدة تعقيدا معقولا، ولتشمل هذه النماذج في داخلها مولدات أرقام عشوائية، وطرق رشيدة لتحديد المدى الزمني لتشغيل المحاكاة، وعمل تحليل إحصائي صحيح. والعنصر الثالث في الكتاب الحديث هو تكامل العنصرين السابقين ودمجهما معا في النهاية في حالة دراسية لمحاكاة النظم. وقد فعلنا ذلك في الفصل الثامن، حيث حللنا حالة دراسية لمشكلة نقل وقدمنا تفاصيل تشمل تصميمًا تجريبيًا ومحاكاةGPSS. لقد كان هدفنا هو عمل موازنة بين التطرفات بحيث ألا يدرس عنصر واحد على

حساب الآخرين، إلا أن عمل ذلك تم بطريقة تسمح للأساتذة بالتركيز على أي من العنصرين أو عليهما معا إذا ما بدا ذلك مناسبا لهم.

تقدم الفصول الأول والثالث والرابع والسادس الأساس المفاهيمي للمحاكاة بأي لغة وتشمل العناصر الأكثر أهمية في تصميم وتحليل المحاكاة. وفي مقرر عن **الإحصاء للمحاكاة**، يمكن التركيز على هذه الفصول، وتغطيتها جميعا بتفاصيل كاملة، والتأكد أن الدارسين قد تعلموا المواضيع اللازمة لعمل المحاكاة مستقبليا. ويمكن ألا تغطي الفصول الأخرى كلية في المقرر، إلا أنها لا تزال تحدد كيفية استخدام هذه المادة كخليط مع لغة محاكاة محددة. مثل هذه المقررات يمكن أن تقدم في أقسام الرياضيات، مع متطلب سابق وهو دراسة مقرر إحصاء في مرحلة الحصول على درجة البكالوريوس.

تقدم الفصول الأول والثاني والخامس والسابع الأساس **لمقرر عن لغة المحاكاة GPSS بصفة خاصة**. في مثل هذا المقرر، يمكن تغطية كل هذه الفصول والتأكد أن الدارسين يعرفون كيف يدخلون في محاكاتهم أفضل وأحدث مولدات أرقام عشوائية حديثة، واختيارهم المدى الزمني، وطرق تحليل المخرجات. ويعد اعتبار هذه الأنشطة للفصول الأخرى في الفصول الأول والثاني والخامس والسابع سمة فريدة لهذا الكتاب.

يمكن أن يؤخذ الفصل الثامن في الاعتبار في أي من المقررين سالفي الذكر كقمة للمقرر. يمكن أن تكون هذه الطريقة مرغوب فيها بالنسبة إلى المقررات في محاكاة النظم مثل التي تقدم في أقسام الهندسة الصناعية وهندسة النظم أو مقررات بحوث العمليات أو التحليل الكمي التي تقدم في مدارس الإدارة أو إدارة الأعمال. ويفترض الهدف من الفصل الثامن أن الدارسين لديهم بعض الاعتياد على التصميم التجريبي الأولي من الفصل السادس.

لقد اختيرت لغة البرمجة GPSS كوسيلة لتطبيق المحاكاة بسبب شيوعها وسهولة استخدامها. ويمكن أن توجد لغات أخرى أكثر شيوعا - يبدو أن الكثير من

المحاكاة تمت برمجتها بلغة الفورتران وذلك أكثر من أي لغة أخرى - أو أكثر مرونة واستخداما أو أكثر قوة. إلا أنه لا يبدو أن لأي لغة أخرى سمات دلالات ألفاظ، وسهولة استخدام، وإتاحة عامة مثل GPSS مما يجعل GPSS مناسبة جدا لأغراضنا.

لقد طورنا GPSS في ثلاث مراحل، فبعد المقدمة العامة في الفصل الأول، يقدم الفصل الثاني تكوين GPSS ويقدم سمات تمكن الدارس من كتابة برامج لمحاكاة نظم صفوف بسيطة. ويطور الفصل الخامس فهما أكثر عمقا للغة GPSS من خلال مناقشة العمل الداخلي لهذه اللغة واستخدامها لهياكل السلاسل. وكما هو موضح بالأمثلة الموجودة هناك، فمن الممكن تطوير طرق للتعقيد المعقول، باستخدام محتويات الفصلين الثاني والخامس. ويبدأ الفصل السابع بمناقشة للخواص العددية النمطية للغة GPSS، والتي تضيف مرونة معتبرة لتطوير النموذج. كما أنه يشمل العديد من سمات GPSS التي لم يسبق تغطيتها في الفصلين الثاني والخامس.

نظام محاكاة الأغراض العامة GPSS المستخدم في هذا الكتاب هو شامل بمعنى أن كل تنفيذات GPSS تقريبا تشترك في كل السمات التي نصفها. وقد تعمدنا إغفال السمات التي تكون خاصة بصيغة معينة من صيغ GPSS (مثل صيغة GPSS/VX أو صيغة GPSS/H أو صيغة GPSS/PC) وذلك لجعل الكتاب مناسباً لاستخدامه مع أي من تنفيذات GPSS التي تتاح للقارئ. وتؤكد هذه الطريقة أن الدارسين لا يحتاجون إلى إعادة تعلم سمات جديدة لكي يبرمجوا بصيغة أخرى في مواقع عملهم. ومثل هذا المقرر يتطلب خبرة في البرمجة بإحدى اللغات مرتفعة المستوى كمتطلب سابق ويمكن أن يقدم في أقسام علم الحاسوب.

صيغة GPSS/PC هي تنفيذ تداخلي لنظام GPSS لعائلة أجهزة الحاسوب المصغرة المتوافقة مع أجهزة IBM-PC. والقرص المصاحب لهذا الكتاب يحتوي على صيغة تعليمية محدودة من GPSS/PC ومعها العديد من الأمثلة التوضيحية المقدمة في الكتاب. مع القرص، يصبح الدارسون الذين لديهم إمكانية الاتصال بأجهزة حاسوب مصغرة متوافقة مع أجهزة IBM-PC ونظام تشغيل DOS قادرين على إعداد

نماذج GPSS مع تقدمهم في هذا الكتاب. ويقدم ملحق (أ) مقدمة لاستخدام GPSS/PC، ويصف بعضا من سماتها المتداخلة، ويحدد أي الأمثلة التي توجد على القرص.

لم يتم اختبار هذا الكتاب في فصول جامعاتنا فقط بل حدث ذلك في جامعة بيتسبرج University of Pittsberg في برادفورد Bradford (بواسطة ريتشارد ميلكا Richard Melka)، وفي كلية إيثاكا Ithaca College (بواسطة دياني شوارتز Diane Schwartz)، وفي جامعة جون براون John Brown University (بواسطة كالفين بيستون Calvin Piston). لقد كان مقرر الأستاذ شوارتز شبيها للمقرر الذي وصفناه تحت الإحصاء للمحاكاة، بينما شمل مقرر الأستاذ بيستون استخداما موسعا لصيغة GPSS/PC. ونشكر بكل سرور اقتراحات هؤلاء الزملاء وطلبتهم، وكذلك اقتراحات طلبتنا في جامعة دينيسون Denison University وجامعة سيراكيوس Syracus University، والتي أفادتنا وأفادت الكتاب فائدة كبيرة. كما تلقينا أيضا اقتراحات قيمة من الدارسين لمقررات قصيرة المدى لهذه المادة والتي سبق لنا تقديمها في مركز الإحصاء وضبط الجودة والتصميم Statistics, Quality Control, and Design في جامعة ولاية نيويورك University of New York State في بينجهامتون Binghamton، وفي جامعة ولاية أوهايو Ohio State University، وفي اللقاءات السنوية لرابطة الإحصاء الأمريكية American Statistical Association وجمعية المحاكاة بالحاسب Society for Computer Simulation.

لقد كتبت سوزان ستريف Susan Streif الكثير من المسودات الأولى للكتاب. ونقدر بصفة خاصة مجهودات سوزان كاريان Susan Karian في إعدادها محتوى الكتاب للطباعة (صفها حروف الطباعة) والذي أتيح من خلال منظمة أبحاث جامعة دينيسون Denison University Research Foundation. كما نود أيضا أن نشكر العاملين في شركة Freeman and Company لمساعدتهم، وبصفة خاصة ديانا سيمينز Diana Siemens، وذلك خلال عملية النشر.

لقد صمم **نظام الترقيم** numbering system المستخدم في هذا الكتاب لتمكين القاري: من تحديد مواقع النظريات› والخوارزميات والأشكال . . . ألخ بسرعة . فالنظريات والقضايا الممهدة lemmas والخوارزميات والتعريفات والملاحظات والمعادلات والتعبيرات مرقمة تتابعيا (مثال ذلك المعادلة (4.8.7) توجد في الفصل الرابع، القسم الثامن، ويتبعها الخوارزم 4.8.8). وهذا أبسط في استخدامه عن النظام المعتاد الذي ترقم فيه النظريات والخوارزميات والتعريفات . . . إلخ متتالية ومنفصلة عن المعادلات والتعبيرات، فمثل هذا النظام يمكن أن يكون به خوارزم4.8.8 وكذلك معادلة(4.8.8)، ومن الممكن أن تكون مفصولة عن بعضها بواسطة عدة صفحات .

الأشكال والجداول في هذا الكتاب (باستثناء الجداول التي تظهر في الملاحق) لها تسلسل ترقيم مشترك خاص بها . مثال ذلك، شكل (٤,٦,٢) هو العنصر الثاني من هذه الأنواع في القسم السادس من الفصل الرابع ويكون لدينا جدول (٤,٦,١) والذي يتبعه شكل (٤,٦,٢) في القسم السادس من الفصل الرابع . وهذا أبسط من النظام الأكثر اعتيادا حيث يمكن أن يوجد كل من جدول (٤,٦,١) وشكل (٤,٦,١)، وفي إطارنا، الشخص الذي يبحث عن (ع، ص، س) يعرف أنه عندما يجد (ع-١، ص، س)، فيكون العنصر المطلوب تابعا له، وأن العنصر (ع-٢، ص، س) يسبقه .

زافين أ. كاريان — Zaven A. Karian

جامعة دينيسون — Denison University

جرانفيل - أوهايو — Granville, Ohio

إدوارد ج. دوديويز — Edward J. Dudewicz

جامعة سيراكوس — Syracuse University

سيراكوس، نيويورك — Syracuse, New York

أغسطس ١٩٩٠

المحتويات

رقم الصفحة

تقديم هـ

مقدمة المترجم ز

المقدمة ك

الفصل الأول: محاكاة الحاسوب لحدث متقطع ٣

١,١ تنفيذ الحاسوب للمحاكاة ٧

١,٢ صف الخدمة الفردية ١٠

١,٢,١ نموذج صفوف لخدمة فردية ١٢

١,٢,٢ نموذج معدل لصف خدمة فردية ١٥

١,٢,٣ توليد أوقات الوصول وخواص أخرى ٢٠

١,٣ صف الخدمة الفردية: أهداف إضافية ٢٦

١,٤ نموذج نظام محاكاة الأغراض العامة (GPSS) لصف خدمة فردية ٣١

١,٥ صف الخدمة الفردية بفئات أولوية: دور هياكل البيانات ٣٥

١,٥,١ استخدام هياكل قائمة مرتبة ٣٦

١,٥,٢ استخدام هياكل الملفات المتحركة ٣٧

١,٥,٣ صفوف أولوية القائمة المتصلة ٣٩

١,٥,٤ هياكل الإشارة المزدوجة ٤١

١,٦ نتائج نظرية حول صف الخدمة الفردية ٤٩

١,٦,١ وصول بواسون وفترات ما بين الوصول أسية ٤٩

١,٦,٢ عدد العملاء في نظم صفوف M/M/1/∞ ٥٢

١,٦,٣ وقت التعطل في صفوف M/M/1/∞ ٥٦

١,٦,٤ عدد العملاء المتوقع في صفوف M/M/1/∞ ٥٧

١,٦,٥ عدد العملاء المتوقع في وحدة الخدمة وفي الصف لنظام M/M/1/∞ ٥٨

١,٦,٦ الوقت المتوقع قضاؤه في الانتظار وفي النظام ٥٩

١,٦,٧ ملخص النتائج ومثال ٦١

١,٧ استخدام أساليب فرز فعالة في المحاكاة ٦٤

مشاكل للفصل الأول ٦٩

الفصل الثاني: مقدمة لنظام محاكاة الأغراض العامة (GPSS) ٨١

٢,١ هيكل برنامج GPSS ٨٢

٢,٢ عبارات SIMULATE و START و END ٨٤

٢,٣ قوالب GENERATE و TERMINATE ٨٥

٢,٤ وحدات الخدمة وقوالب SEIZE و RELEASE ٨٩

٢,٥ قالب ADVANCE ٩١

٢,٦ الصفوف وقوالب QUEUE و DEPART ٩٢

٢,٧ مخرجات برنامج GPSS ٩٣

٢,٨ التخزين وقوالب ENTER و LEAVE ٩٧

٢,٩ قالب TRANSFER ١٠٠

٢,١٠ مثال: ورشة إصلاح أجهزة ١٠٤

مشاكل للفصل الثاني ١١١

الفصل الثالث: توليد واختبار الأرقام العشوائية ١١٧

٣,١ تاريخ وطرق مختلفة لتوليد أرقام عشوائية ١١٩

٣,٢ قياسات جودة تقليدية لمولدات الأرقام العشوائية ١٢٩
٣,٣ قياسات جودة إحصائية لمولدات الأرقام العشوائية ١٣٦
٣,٣,١ اختبار انتظام التوزيع ١٣٨
٣,٣,٢ اختبار جامع الكوبونات ١٣٩
٣,٣,٣ اختبار الفجوة ١٤٠
٣,٣,٤ اختبار التباديل ١٤١
٣,٣,٥ اختبار البوكر ١٤١
٣,٣,٦ اختبار الدورات ١٤٤
٣,٣,٧ اختبار الأزواج المتتالية ١٤٦
٣,٣,٨ اختبار كا^2 على كا^2 (اختبار CSCS) ١٤٧
٣,٤ اختبارات نظرية لمولدات الأرقام العشوائية ١٥٠
٣,٤,١ اختبار الارتباط المتتالي ١٥٠
٣,٤,٢ اختبار (طيفي) مسافة ما بين المستويات ١٥١
٣,٥ نتائج اختبارات مولدات أرقام عشوائية محددة ١٦٠
٣,٥,١ مولدات الأرقام العشوائية ١٦١
٣,٥,٢ اختبارات مولدات الأرقام العشوائية ونتائجها ١٧٢
٣,٦ ملاحظات على استخدام TESTRAND ١٧٧
٣,٧ مولدات لأجهزة الحاسوب المصغرة: URN36 و URN37 و URN38 ١٨٠
مشاكل للفصل الثالث ١٨٣

الفصل الرابع: توليد متغيرات عشوائية ١٨٩
٤,١ اختيار التوزيع ١٩٠

٤,٢ توليد متغيرات عشوائية أحادية المتغيرات : طريقة دالة عكس التوزيع ١٩٤
٤,٢,١ التوزيع الأسي ١٩٧
٤,٢,٢ توزيع برنوللي ١٩٨
٤,٢,٣ التوزيع الطبيعي ٢٠٠
٤,٢,٤ التوزيع المنتظم ٢٠٢
٤,٢,٥ توزيع ذو الحدين ٢٠٣
٤,٣ توليد متغيرات عشوائية آحادية المتغيرات : توزيعات متقطعة ٢٠٥
٤,٤ توليد متغيرات عشوائية تتبع توزيع بواسون والتوزيع الهندسي(توزيعات أحادية المتغيرات متقطعة تأخذ قيما عديدة لا نهائية) ٢١٢
٤,٤,١ توزيع بواسون ٢١٢
٤,٤,٢ التوزيع الهندسي ٢١٦
٤,٥ توليد توزيعات متقطعة لمتغيرات ثنائية ومتعددة المتغيرات ٢١٩
٤,٦ توليد توزيعات محددة أحادية المتغيرات ٢٢٢
٤,٦,١ توزيع ذو الحدين ٢٢٢
٤,٦,٢ التوزيع الطبيعي ٢٢٦
٤,٦,٣ توزيع كا^{٢} : عن طريق التوزيعات الطبيعية ٢٣٦
٤,٦,٤ توزيع ت لستيودنت : عن طريق التوزيع الطبيعي وكا^{٢} ٢٣٧
٤,٦,٥ توزيع إرلانج ٢٣٧
٤,٦,٦ توزيع أسي مزدوج : عن طريق التوزيع الأسي ٢٣٨

٤,٦,٧ توزيع ف: عن طريق كا^{٢} ٢٣٩
٤,٦,٨ توزيع بيتا ٢٤٠
٤,٦,٩ توزيع ويبول Weibull: عن طريق التوزيع الأسي ٢٤٢
٤,٦,١٠ توزيع لوغاريتمي طبيعي: عن طريق التوزيع الطبيعي ٢٤٢
٤,٧ توليد دوال كثافة احتمال مقيدة بفترة مغلقة ٢٤٣
٤,٨ توليد متغيرات عشوائية طبيعية متعددة المتغيرات ٢٥٠
٤,٩ مناطق الثقة للمتغيرات الطبيعية متعددة المتغيرات ٢٥٥
٤,١٠ توفيق التوزيعات مع البيانات: عائلة توزيع لمدى المعممة ٢٦١
٤,١١ دالة توزيع تجريبي ودالة كثافة احتمال تجريبية ٢٧٥
٤,١٢ المعاينة من المدرج التكراري ٢٨٢
٤,١٣ توفيق التوزيع الطبيعي فردي المتغيرات أو متعدد المتغيرات مع البيانات ٢٨٧
مشاكل للفصل الرابع ٢٩٢

الفصل الخامس: نظام محاكاة الأغراض العامة - دراسة متوسطة ٢٩٧
٥,١ حركة العملية الجارية ٢٩٧
٥,٢ عبارة START ومخرجات السلسلة ٣٠٦
٥,٣ مولدات الأرقام العشوائية المبنية داخليا في GPSS ٣٠٧
٥,٤ عبارات التحكم RESET و RMULT و CLEAR ٣١١
٥,٥ دوال GPSS ٣١٧
٥,٥,١ الدوال المتقطعة ٣١٨

٥,٥,٢ الدوال المستمرة ٣٢١
٥,٦ مثال: ورشة تصنيع ٣٢٦
٥,٧ المعاينة: التوزيع الأسي ٣٣١
٥,٨ المتغيرات الحسابية في GPSS ٣٣٨
٥,٩ المعاينة: التوزيع الطبيعي ٣٤٠
٥,١٠ معلمات العمليات الجارية وقالب ASSIGN ٣٤١
٥,١١ مثال: عملية نظام دفعة للحاسوب ٣٤٤
مشاكل للفصل الخامس ٣٥٠

الفصل السادس: التحليل والتصميم الإحصائي للمحاكاة ٣٥٧
٦,١ ما طول المحاكاة: الهدف من تقدير المتوسط ٣٥٨
٦,١,١ هدف القرب المتناسب ٣٦٤
٦,١,٢ حالة دراسية لتقدير الطلب على خدمات الطوارئ ٣٦٧
٦,٢ ما طول المحاكاة: هدف تقدير الفرق بين متوسطين ٣٧٠
٦,٣ ما طول المحاكاة: هدف اختيار الأفضل ٣٧٢
٦,٤ أفضلية النظام عبر التصميم الإحصائي والانحدار ٣٨٠
٦,٤,١ مثال: نظام المشاركة الزمنية للحاسوب ٣٨١
٦,٤,٢ تصميم التكوين المركزي لمتغيرات k=2 ٣٨٥
٦,٥ المحاكاة الإحصائية وطريقة البوتستراب ٣٨٩
٦,٦ البوتستراب المعمم ٣٩١
مشاكل للفصل السادس ٣٩٣

الفصل السابع: السمات المتقدمة للغة GPSS ٣٩٧

٧,١ الخواص العددية القياسية ٣٩٨

٧,١,١ وحدات الخدمات ٤٠٢

٧,١,٢ الصفوف ٤٠٢

٧,١,٣ المخازن ٤٠٣

٧,١,٤ القوالب ٤٠٣

٧,١,٥ العمليات الجارية ٤٠٤

٧,١,٦ الساعة ٤٠٤

٧,١,٧ الخواص العددية القياسية الأخرى ٤٠٤

٧,٢ القيم المحفوظة، وعبارة INITIAL، وقالب SAVEVALUE ٤٠٥

٧,٢,١ عبارة INITIAL ٤٠٥

٧,٢,٢ قالب SAVEVALUE ٤٠٩

٧,٣ مثال: عملية خدمة الإصلاح ٤١٠

٧,٤ قالب PRINT ٤١٥

٧,٥ مثال: تقدير الطلب ٤١٨

٧,٦ مولدات أرقام عشوائية يعرفها المستفيد ٤٢١

٧,٧ وقت الانتقال وقالب MARK ٤٢٤

٧,٨ عبارة TABLE وقالب TABULATE ٤٢٧

٧,٨,١ عبارة TABLE ٤٢٨

٧,٨,٢ قالب TABULATE ٤٢٩

٧,٨,٣ صور مختلفة من عبارة TABLE ٤٣٠

٧,٩ قوالب PRIORITY و PREEMPT و RETURN ٤٣٢

٧,٩,١ قالب PRIORITY ٤٣٤

٧,٩,٢ قوالب PREEMPT و RETURN ٤٣٥

٧,٩,٣ العمليات الجارية التي يحدث لها إخلاء ٤٣٨
٧,١٠ مثال : نظام طوارئ طبية ٤٤٠
٧,١١ مقارنات SNA وقالب TEST ٤٤٦
٧,١٢ مثال : نظام مشاركة زمنية للحاسوب ٤٥٠
٧,١٣ قالب LOOP ٤٥٦
٧,١٤ مفاتيح التحويل المنطقية ، وعبارات INITIAL ، وقوالب LOGIC و GATE ٤٥٨
٧,١٤,١ وضع قيم ابتدائية لمفاتيح التحويل المنطقية ٤٥٨
٧,١٤,٢ قالب LOGIC ٤٥٩
٧,١٤,٣ مفاتيح التحويل المنطقية وقالب GATE ٤٦٠
٧,١٤,٤ أشكال أخرى لقالب GATE ٤٦٣
٧,١٥ قالب SELECT ٤٦٤
٧,١٥,١ الحالة العلاقية ٤٦٥
٧,١٥,٢ حالة الأقل والأكبر ٤٦٧
٧,١٥,٣ الحالة المنطقية ٤٦٨
٧,١٦ مثال : عملية نقاط التفتيش المتعددة في محل سوبرماركت ٤٦٩
٧,١٧ سلاسل مستفيدين وقوالب LINK و UNLINK ٤٧٥
مشاكل للفصل السابع ٤٧٩

الفصل الثامن : حالة دراسية للمحاكاة : التصميم ، والتحليل ، والبرمجة ٤٨٧
٨,١ وصف مشكلة نظام النقل ٤٨٨
٨,٢ التصميم الإحصائي ٤٨٩
٨,٢,١ عمل تجارب مصممة إحصائيا ٤٨٩

٨,٢,٢ عمل تجارب بسيطة (ساذجة) ٤٩٣
٨,٣ التحليل الإحصائي ٤٩٦
٨,٣,١ تحليل البيانات ٤٩٧
٨,٣,٢ البرمجة الإحصائية باستخدام SAS في تحليل البيانات ٥٠٢
٨,٤ برنامج GPSS ٥٢٣
٨,٤,١ الدوال ، والمتغيرات ، والقيم المحفوظة ٥٢٤
٨,٤,٢ منطق البرنامج ٥٢٥
٨,٤,٣ مخرجات البرنامج ٥٢٧
مشاكل للفصل الثامن ٥٢٨

ملاحق ٥٣٧

ملحق أ: استخدام GPSS/PC ٥٣٧
١,أ تشغيل برنامج GPSS/PC ٥٣٨
٢,أ التداخل مع GPSS/PC ٥٣٩
٣,أ مخرجات GPSS/PC ٥٤١
٤,أ نماذج GPSS/PC ٥٤١
٥,أ التصحيح في GPSS/PC ٥٤٣

ملحق ب: أشكال عبارات قوالب GPSS ٥٥٠

ملحق جـ: التوزيع الطبيعي ٥٦٠

ملحق د: توزيع ت لستيودنت ٥٦٤

ملحق هـ: توزيع كا^{2} ٥٦٦

ملحق و: توزيع كا^{2} مع درجات حرية 99 ٥٦٩

ملحق ز: أرقام عشوائية ٥٧١

ملحق حـ: جداول لاختيار الأفضل ٥٨٢

المراجع ٥٨٩

ثبت المصطلحات ٥٩٧

أولا : عربي - إنجليزي ٥٩٧

ثانيا : إنجليزي - عربي ٦١٣

كشاف الموضوعات ٦٣١