أساسيات بناء النماذج الرياضية وتطبيقاتها فى مجالات السكان والاقتصاد والبيئة[1]

مؤلف الكتاب: أ.د. عبد الحميد سامي القصاص [2]

مراجع الكتاب: أ.د. معتز خورشيد [3]

تشهد أساليب وأدوات وطرق "النمذجة الرياضية " والنماذج الكمية بشكل عام تطورًا غير مسبوق في النصف الثاني من القرن العشرين وبداية الألفية الثالثة. ويعود ذلك من ناحية إلى تنامي درجة تعقيد الأنظمة والأنساق والتشابكات فيما بينها وتفاعلاتها مع البيئة المحيطة، بما يتطلب صياغة العلاقات الرياضية والحسابية المفسرة لسلوكها وتطورها عبر الزمن ومدى تأثرها بالتغيرات العلمية والتكنولوچية والتنموية الحديثة، وضرورة اتخاذ القرار بشأن المشكلات التي تجابهها والسياسات الرامية إلى تطوير أدائها، والمقارنة بين السيناريوهات البديلة في ظل تعاظم مستويات عدم اليقين والأهداف المتباينة والمتضاربة في الكثير من الأحيان. ويرجع هذا النمو المتزايد في مجال "النمذجة الرياضية"– من ناحية أخرى– إلى تطور مماثل في الأساليب والطرق الفنية المستخدمة في صياغتها وضمان تمثيلها للواقع واستخدامها لاختبار البدائل والإسقاطات المستقبلية والبحث عن الحل الأمثل. وتتحدد هذه التطورات في مجال النمذجة في أربعة اتجاهات بحثية هي؛ تطور علوم الجبر والحساب والرياضيات بوجه عام، والتقدم الكبير في البحث عن الحلول المُثلى وحل المشكلات من خلال ما أُصطلح على تسميته "الخوارزميات" وهندسة النظم، والقفزات العلمية في مجال تكنولوچيا الحاسبات والبرمجيات والتحول الرقمي، وما صاحبها من تطور في معالجة البيانات وبناء قواعد المعلومات وقياس المؤشرات والمعلمات، وأخيرًا وليس آخرًا، التقدم العلمي فى مفهوم ومناهج وأساليب النمذجة الكمية ونظم الحاسب في دعم القرار والدراسات المُستقبلية.

ويقع كتاب أ. د. عبد الحميد القصاص المرجعي فى بؤرة هذه التطورات في محاولة منه لوضع رؤية شاملة لدور النماذج كأداة تجريبية افتراضية لاختبار البدائل والسياسات، والبحث عن الحلول المُثلى، وصياغة الرؤى المستقبلية باعتماد تقنيات الحاسبات والمعلومات مع التركيز على التطبيقات الكمية على صعيد ديناميكية السكان والتنمية الاقتصادية وقضايا البيئة وتغيرات المُناخ. ومن ثم فإن تقييم الكتاب ومدى فائدتة لمجتمع الدارسين والباحثين والمهتمين بقضايا التنمية والعاملين في مجالات النمذجة والأساليب الكمية لا بد أن يأخذ في اعتبارة النقاط السابقة. وبعد مراجعة فصول الكتاب وأقسامه المختلفة على مستوى المنهجية أو التطبيق بحد سواء، فإن الكتاب يمثل بوجه

[1] أصدر هذا الكتاب معهد التخطيط القومي ونشرته الهيئة المصرية العامة للكتاب بالقاهرة في سنة 2024.

[2] أستاذ متفرغ بمركز الأساليب التخطيطية بمعهد التخطيط القومي، والرئيس الأسبق للمعهد.

[3] أستاذ متفرغ بكلية الحاسبات والذكاء الاصطناعي بجامعة القاهرة، ووزير أسبق للتعليم العالي ووزير دولة للبحث العلمي في مصر.

عام مرجعية مفيدة تتسم بدرجة عالية من الشمول للدارسين في مجال بناء النماذج واستخدامها في مجالات السكان والاقتصاد والبيئة.

وقد حرصت في مراجعتي لكتاب د. القصاص على التعمق في الجزء المفاهيمي لتطوير واستخدام النماذج الرياضية. ويعود ذلك في واقع الأمر إلى القصور في المراجع الممكن الاستعانة بها من الدارسين في تعلم الأساسيات أو التخصص في بناء وتطوير النماذج الرياضية بأنواعها المُتعددة، وهو ما حاول المؤلف التركيز عليه في الجزء الأول من الكتاب المتضمن لفصوله السبعة الأولى، بل التوسع في شرحه من ناحية، ولضرورة تأكيد هذه المفاهيم والتعرف على خصائص عملية النمذجة بشكل أساسى قبل التوجة لمجموعة التطبيقات التي اختارها المؤلف في مجالات السكان والتنمية الاقتصادية والبيئية، من ناحية أخرى. وهي تطبيقات تعكس تفضيل مؤلف الكتاب للعلوم الإنسانية والاجتماعية بحكم انتماءة لمعهد التخطيط القومي، الذي يمثل صرح مصر الرئيس في مجال التخطيط الإنمائي. ومن هنا، فإن الجزء الأول من الكتاب يخاطب شريحة أوسع من الدارسين والراغبين في تعلم عملية بناء النماذج بوجه عام، واستخدامها في كافة المجالات والتطبيقات. أما الجزء الثاني من الكتاب فيخاطب شريحة أصغر من المهتمين بالنمذجة في مجال العلوم الإنسانية والاجتماعية بوجه خاص. وفي اعتقادي أن هذه الرؤية كانت في ذهن وعقل د. القصاص عند صياغته لهذا الكتاب المرجعي.

ومن الضروري في هذا المجال الثناء على اختيارات أ.د. عبد الحميد القصاص في جهوده لتطبيق مناهج وأساليب النمذجة الرياضية على نظم وأنساق تنتمي الى مجالات "العلوم الاجتماعية والبيئية"، التي تتسم بتباين النظريات والرؤى وأحيانًا تضاربها وشيوع عدم اليقين في علاقاتها السلوكية وسياساتها المُثلى. وهو أمر يؤدي بلا شك إلى صعوبة بناء النماذج من ناحية، ودقة نتائجها ومدى تمثيلها للواقع، من ناحية أخرى. بيد أن هذه النقطة تُمثل أحد نقاط ضعف الكتاب التي قد تقلل من جدواة وأهميتة كمرجع علمي للنمذجة في مجال العلوم الإنسانية والاجتماعية. إذ إن تناول النماذج الكمية في مجالات العلوم الاقتصادية والاجتماعية والبيئية يتعين أن تأخذ في اعتبارها بشكل أو آخر درجة العشوائية وعدم اليقين المرتبطة بمتغيرات النموذج، والتي يُمكن تمثيلها بالتوزيعات الاحتمالية (probability distributions) النظرية أو التجريبية (empirical) بحد سواء، والتي تُمثل أحد تخصصات الإحصاء الرياضي، وتُعد في الوقت نفسه من أهم مدخلات نماذج المحاكاة (simulation models) بوجه خاص، والنماذج العشوائية (stochastic models) بوجه عام. وكان على مؤلف الكتاب أن يناقش هذا القصور وتأثيرة على النماذج في مجالات الاقتصاد والبيئة، بالرغم من تأكيده في مقدمة الكتاب على التركيز فقط على النماذج الحتمية (deterministic models) وعدم التوسع في تحليل النماذج والأساليب العشوائية أو الاحتمالية.

وينقسم الكتاب إلى عشرة فصول بالإضافة إلى الخلاصة، والتوصيات، وقائمة المراجع، والمرفقات. يختص الفصل الأول بالمفاهيم الرئيسة لبناء النماذج الرياضية من خلال توضيح المصطلحات والتعريفات من ناحية، وطرح لنوعيات النماذج الرياضية ومعايير تصنيفها من ناحية أخرى. كما يعرض في نهاية الفصل لخطوات بناء النموذج الرياضى الرئيس. ويستكمل الفصل الثانى الجزء التعريفي والتمثيلي للنماذج الرياضية من خلال توصيف عام للنموذج المفاهيمي (Conceptual Model) أو ما يطلق عليه أحيانًا بالتمثيل التخطيطي (Schematic Representation) لعلاقات النموذج، أو التمثيل الرمزي له. والنموذج المفاهيمي في حقيقة الأمر، يعد نوعًا من التبسيط لمكونات أو كيانات النظام (System Entities) محل الدراسة والمتغيرات المرتبطة به (Variables) وصفاتها أو خصائصها (Attributes) وعلاقاته التشابكية وتأثيرها أو تأثرها بالبيئة المحيطة التي تأخذ في غالب الأحيان شكل أسهم موجهة (Relationships). ويتحدد دور معظم النماذج المفاهيمية في اتجاهين. يتحدد الأول بسهولة توصيف أهداف النموذج ومكوناته وعلاقاته الرياضية ومخرجاته لغير المتخصصين في مجال النمذجة والأساليب الكمية وعلوم الحاسب، ويختص الاتجاه الثاني في كونه أحد الخطوات التمهيدية لصياغة نموذج رياضي متكامل واختباره من أجل استخدامة كأداة تجريبية لمقارنة السياسات البديلة أو إعداد الإسقاطات المستقبلية لمتغيرات النسق محل الدراسة أو البحث عن الحل الأمثل لمشكلة ما.

من ناحية أُخرى، يُقدم الفصلان الثالث والرابع وصفًا تحليليًّا للمداخل الرئيسية لمجموعة النماذج التي يتناولها الكتاب بالتوصيف والتحليل والاستخدام. إذْ يقدم الفصل الثالث أساليب بناء نماذج البحث عن الحل الأمثل (أو نماذج الأمثلية) ونماذج المحاكاة. ويُقدم الفصل الثالث أيضًا الأنواع المختلفة للبرمجة الرياضية (Mathematical Programming) التي تتكون أساسًا من دالة هدف وعدد من القيود الرياضية، فضلاً عن عرض مشكلة تعدد الأهداف في هذه النوعية من نماذج الحل الأمثل، وتأثير طبيعة متغيرات النموذج على عملية وخطوات البحث عن الحل الأمثل للنموذج. كما يُفرد الفصل جزءًا يختص بنماذج المحاكاة بالرغم من تأكيد المؤلف في بداية الكتاب عن عدم تناول الكتاب للنماذج العشوائية، مع أنها تُمثل أحد أهم الخصائص الرئيسية لنماذج المحاكاة. وسأعود الى هذه النقطة لاحقًا.

أما الفصل الرابع، فيختص بنوعين من النماذج المتباينة على مستوى المنهجية والحداثة بحد سواء. يختص النوع الأول بنماذج الاقتصاد القياسي. وهي نماذج اقتصادية تعتمد على أساليب الإحصاء الرياضي المُتمثلة في نماذج الانحدار (Regression Analysis) والسلاسل الزمنية (Time Series Analysis) إلى جانب حل المعادلات الخطية وغير الخطية (System of Equations). ولا أعرف سببًا مقنعًا لتسميته هذه النوعيات الثلاثة من النماذج

بالاقتصاد القياسي وهو بالطبع أحد تطبيقاتها المتعددة والمتنوعة. لكن المؤلف قد يكون تأثر بالخلفية الاقتصادية أو انتمائه إلى معهد التخطيط القومي. ومن الممكن فقط الإشارة إلى وجود تطبيقات أخرى لهذة النوعية من نماذج الإحصاء الرياضي بخلاف مجال الاقتصاد.

ويناقش الفصل الرابع في الوقت نفسه نوعية من النماذج الحديثة وغير دارجة الاستخدام إلا لبعض المتخصصين في بحوث العمليات والنمذجة وعلوم الحاسب، وهي منهجية النمذجة باستخدام الشبكات العصيبة. وقد أورد الباحث في نهاية الفصل مثالًا لتطبيق الشبكات العصبية في مجال النمذجةالاقتصادية. وكنت أُفضل إضافة هذا التطبيق الى الفصل الثامن المُختص بالنماذج الرياضية في مجال الاقتصاد تحقيقًا لمبدأ المقارنة بين البدائل التطبيقية، فضلاً عن مناقشة مدى مناسبة هذه النماذج للتحليل الاقتصادي.

وفي نهاية الجزء الأول من الكتاب أضاف المؤلف الفصلين الخامس والسادس من أجل تناول طرق تقدير المعلمات ومعايرة النماذج من ناحية، والطرق العددية والتحليلية لحل معادلات النماذج الرياضية من ناحية أخرى. وهي تُعد قضايا مهمة سواءً لتقدير معلمات النماذج بالاعتماد على أساليب القياس الإحصائي أو معايرة النموذج، كما يحدث في عدد من نماذج الاقتصادية كمدخلات رئيسية قبل تطبيق أسلوب وخطوات نظام الحل (Solver) أو الخوارزمي (Algorithm)، أو الطرق العددية (Numerical solvers) أو التحليلية. وبذلك يكون الكاتب قد أنهى الخلفية المنهجية والعلمية لبناء النماذج الرياضية وحلها والمفاضلة فيما بينها وفق الهدف التحليلي للمفاضلة بين النماذج ومجالات تطبيقها. وهو الجزء الذي يُقدم القارئ أو الدارس العلمي أو الطالب الذي يسعى الي التخصص في بناء النماذج الرياضية إلى هذا المجال، وسأعود إلى بعض النقاط الخاصة بهذا الجزء في نهاية هذه المراجعة.

بناءً على ما سبق وبالأخذ في الاعتبار الفصول الستة الأولى المُكونة للخلفية العلمية لبناء النماذج وتطوير مكوناتها واختبار صلاحيتها وتمثيلها للنظام محل الدراسة وأهداف استخدامها، ناقش المؤلف تطبيقات النماذج الرياضية في مجالات السكان والاقتصاد والبيئة في الفصول السابع والثامن والتاسع. كما أفرد فصلاً خاصًاعن النماذج متعددة الأبعاد أو التطبيقات التي تتكون من نماذج فرعية لكل من الاقتصاد والبيئة والسكان والتشابكات بين متغيراتها والنتائج الناجمة عن تكاملها. وينهي د. القصاص كتابه بالخلاصة والرؤية المستقبلية لهذه النوعية من النماذج كأدوات تجريبية تسمح باختبار البدائل والسياسات وتقييم الآثار المباشرة وغير المباشرة والبحث عن الحل الأمثل.

وقبل الدخول في بعض النقاط التفصيلية والملاحظات الفنية عن محتوى الكتاب ومدى فائدته للدارسين والمُهتمين ببناء واستخدام النماذج لصياغة الإستراتيجيات ورسم السياسات واختبار انعكاساتها المُباشرة وغير المُباشرة، ودرجة الثقة في نتائجها والاختيارات المُثلى لبنائها. يتعين أن نُؤكد بأن إعداد كتاب مرجعي للنمذجة الرياضية واستخداماتها

في مجال العلوم الاجتماعية يُمثل جهدًا مضاعفًا ويتطلب درجات مرتفعة من الدقة والعمق التحليلي، وهو ما يتعين تهنئة أ.د. عبد الحميد القصاص عليه. كما لابد أن نشكر اجتهاد د. القصاص في إيجاد المراجع العلمية والأوراق البحثية من أجل انتقائه لرسوم تخطيطية (Block Diagram) ومخططات انسياب أو تدفق المعلومات (Flow Charts) وتمثيل تخطيطي مبسط لمفاهيم النمذجة (Schematic Representation) لتبسيط تعقيدات عملية بناء النماذج الرياضية واستخدامها. بعد ذلك أود مناقشة عدد من النقاط التي أعتقد أنها تساعد في زيادة الفائدة من الكتاب وعلاج بعض أسباب قصوره.

ولنبدأ بالفصل الأول، وبالرغم من أهميته كمقدمة ضرورية لمنهجية النمذجة فهناك بعض الملاحظات على محتواه. **أولاً:** كنت أتوقع أن يتضمن الجدول (1-1) المتعلق بمصطلحات مفهوم الأنساق، النسق الإستاتيكي مقابل الديناميكي (Static versus Dynamic System) استكمالاً لمفهوم الأنساق المغلقة مقابل الأنساق المفتوحة. وبالرغم من أن المؤلف تدارك هذا الموضوع في شكل (1-11)، غير أنى كنت أُفضل إضافتها إلى جدول تعريفات مفهوم الأنساق.

ثانيًا: لي بعض الملاحظات الأُخرى على الأسلوب الذي اختارة المؤلف لتصنيف النماذج. فإذا تغاضينا عن التقسيم الأولي بين النماذج المادية والرمزية والذهنية والتي قد تتطلب مناقشة للنماذج المادية من حيث عدم اقتصارها على النماذج الميكانيكية فقط، إذ إني أرى أن ذلك لا يُمثل مجال اهتمام الكتاب، فإنني أحسب أن "النماذج المفاهيمية" تُعد في الأساس خطوة تسبق الشكل النهائي والعلاقات المُمثلة لأداء النموذج الرياضي، ومن ثم فإنها لا تُمثل بالضرورة نوعية أُخرى من النماذج على نفس مستوى النماذج الرياضية كما يُظهرها الشكل. هذا من ناحية ومن ناحية أُخرى، يُظهر الرسم التخطيطى(1-1) أن النماذج الرياضية لا بد أن تمر على نوعية أخرى من النماذج يُطلق عليها "نماذج حاسوبية". وبالطبع فهو يقصد ضرورة تنفيذ أو تطبيق النموذج الرياضي على الحاسوب بالارتكاز على نظم برمجيات (Software Systems or programs) أو بشكل أكثر دقة، باستخدام أحد لغات النمذجة التخصصية (Model Building Language). وبالرغم من صحة هذا التسلسل فإنه لا يعني أن لدينا نموذجًا حاسوبيًا، بل فقط تنفيذ النموذج أو تطبيقه على الحاسوب (Model Implementation and execution on computers). ومن هنا أعتقد أنه يُفضل استبعاد هذه النوعية المُقترحة من الرسم التخطيطي والاكتفاء بذكر أن النماذج الرياضية تحتاج إلى إدخال بياناتها واختبارها من خلال أحد نظم أو لغات الحاسب قبل استخدامها لاختبار السياسات أو إعداد الإسقاطات المستقبلية ومقارنة البدائل.

ثالثًا: أعتقد أنه لا داعي لوضع أمثلة لأنواع النماذج في المستوى الأخير للرسم التخطيطي، ويكفي ذكر هذه الأمثلة التطبيقية المُختارة من المؤلف، كما أدرجها في الفقرةالثالثة من الصفحة رقم (16)، إذ إن الشكل يتحدث عن منهجيات النمذجة وليس بدائل تطبيقها.

رابعًا: لا أتفق مع المؤلف في تصنيف نماذج المُدخلات والمُخرجات المشهورة في علوم الاقتصاد والتنمية بأنها نماذج محاسبية (Accounting models). فهي في واقع الأمر ممكن تصنيفها كنماذج حسابية أو ذات دوال وعلاقات خطية (Computable Models) بالرغم من اعتمادها على جداول المدخلات والمخرجات بنظم الحسابات القومية. بالإضافة إلى أن معظم النماذج الاقتصادية تتضمن بوجه عام علاقات محاسبية لضمان اتساق المخرجات أو نتائج النموذج. لكن يمكن القول، بأن هناك عددًا من النماذج الاقتصادية المستخدمة في تخطيط التنمية تركز على تشابكات أجزاء وقطاعات الاقتصاد الوطني، تبدأ بإطار محاسبي متسق على المستويين الكلي والجزئي، ثم تعتمد على هذا الإطار المحاسبي في صياغة علاقات النموذج السلوكية وفي تحديد العلاقات المحاسبية. وينتمي إلى هذه النوعية نماذج المدخلات والمخرجات (Input–output models) ونماذج التوازن العام الحسابية (Computable General Equilibrium Models). وهناك لغات حاسب متخصصة في هذه النوعية من النماذج تبدأ بإطار محاسبي متسق وشامل للاقتصاد الوطني ثم تستخدم هذا الإطار في صياغة النموذج وتقدير معلماته.

فى الجزء (1–1–3) من الفصل الأول صفحات (16 و17)، يحتاج الأمر إلى تدقيق ومراجعة بعض المفاهيم الرئيسية التي توصف النظام وتحدد علاقته بالنسق (أو ببساطة النظام) والواقع. فمن ناحية تتضارب المفاهيم من حيث تمثيل العالم الواقعي بنسق أو نظام تمثيلي وفق مشكلة الدراسة وترجمته إلى نموذج مفاهيمي ثم نموذج رياضي محدد (Specific Model) وهي الكلمة الأفضل من نموذج رسمي كترجمة لكلمة (Formal). والنموذج المحدد من أجل تشغيله يخضع بعد ذلك إلى عملية تنفيذ أو تطبيق على الحاسب باستخدام أحد نظم البرمجة المصممة لتنفيذ النموذج أو تشغيله (Computer implementation) أو استخدام أحد لغات بناء النماذج (Computer modeling Language). أي أن النموذج الحاسوبي هو في واقع الأمر أسلوب لتشغيل النموذج على الحاسب، كما ذكرت سابقًا. وبالرغم من وضوح هذه العلاقات بين العالم الواقعي والنسق والنموذج في شكل (1–5)، فإن الشكل (1–6) في الصفحة نفسها يضع القارئ في حيرة، حيث يجعل النموذج في منطقة وسيطة بين الظاهرة الواقعية من ناحية، والنسق (System) من ناحية أخرى، بحيث يتم تغذية النموذج من الواقع من جهة ومن النسق من جهة أخرى. وأعتقد أن استبعاد أو إعادة صياغة الشكل (1–6) يكون أفضل في هذه الحالة. وبالرغم من

الاستعانة ببعض المراجع العلمية لتمثيل أو تعريف النسق ومكوناته. فإن التفسير الأكثر قبولاً من وجهة نظر صائغ أو مطور النموذج، يُقسم النسق إلى مجموعة من الكيانات أو المكونات (Entities) ترتبط ببعضها بعلاقات تشابكية (Relationships). ويلاحظ أن كيانات النسق يمكن توصيفها بمجموعة المتغيرات أو الخصائص أو السمات (Attributes) . كما يُمكن أن تتضمن هذه العلاقات بدورها مجموعة أخرى من المتغيرات أو السمات التي تمثلها. وقد اختصر المؤلف السمات أو المتغيرات المرتبطة بالكيانات والعلاقات التشاركية في توصيف مكونات الأنساق بشكل يتطلب إعادة صياغة.

وحيث إن الكتاب مصمم بالأساس لخدمة مجتمع الدارسين والباحثين في مجال النمذجة، فقد قدم د. القصاص الجزء الخاص بتصنيف النماذج ومكوناتها من متغيرات ومعلمات بصورة شاملة، وعلى وجه الخصوص تصنيفه لأنواع المتغيرات ومسمياتها في التطبيقات المُختلفة مثل تحليل الإنحدار ونماذج المحاكاة والبحث عن الحل الأمثل، كما ظهرت في شكل (1–9) بالصفحة (21). كما تضمن شكل (1–15) في الفصل الخاص بتصنيف النماذج توصيفًا لخطوات بناء النماذج مع التأكيد على عدم استخدام النموذج لاختبار السياسات أو عمل الإسقاطات المستقبلية قبل التأكد من كونه سليمًا حسابيًّا (Verified) ويمثل الواقع بشكل أو بتقريب مقبول (Validated). وهي أشكال قام بتصميمها المؤلف بوجه خاص لتأكيد المفاهيم وشمول العرض. ولو أننى كنت أُفضل أن يخصص د. القصاص مساحة أكبر لمناقشة عملية تمثيل النموذج للنسق محل الدراسة (Validation)، نظرًا لأهميتها في قبول النماذج كأداة تجريبية لاختبار الأنساق. وفي إطار هذا الجزء من الدراسة، تعرض الكاتب للمفاهيم الخاصة بالنماذج العشوائية ومكوناتها واستخدامها. ومن ثم كنت أود أن يعدل ما كتبه في مقدمة الكتاب عن تناوله أساسًا للنماذج الحتمية، بإضافة "أن الكتاب تعرض بالتحليل للمفاهيم الأساسية للنماذج العشوائية دون التعرض بشكل تفصيلى لتطبيقاتها المتنوعة".

وانطلاقًا من الاهتمام بعملية النمذجة، فإن البدائل المُختلفة للتصنيف والمقارنة بين النماذج الرياضية التي قدمها الكتاب، وعلى وجه الخصوص تقسيم النماذج وفق الهدف من تطويرها، وبالرغم من اتسامها بالشمول والتعدد، فإنها تتطلب بعض المناقشة والمراجعة والتقييم. فمن ناحية، أتفق تمامًا مع المؤلف على دور توافر المعلومات والمعارف عن هيكل النسق وعلاقاته السلوكية والتشابكية ومتغيراته البيئية وآليات اتخاذ القرار به كأحد معايير التقسيم، وعلى مدى تأثر هيكل النموذج واستخدامه ودرجة الثقة في نتائجه بتوافر البيانات ودقتها والمعلمات المقيسة عن النسق الذي يمثله النموذج. كما أرى أن تصنيف النماذج وفق طبيعة متغيراته وفق الشكل (1–11) تعد على درجة من الوضوح من وجهة نظر صائغ أو مطور النموذج. أما التقسيم وفق الغرض من الاستخدام أو الوظائف

فيتعين مراجعته ومناقشة بعض جوانبه، إذ إن هناك بعض التداخل بين المفاهيم. فمن ناحية عرف الكاتب النماذج الوصفية أو الاستكشافية بنفس المسمى الأجنبي (Descriptive)، بالرغم من وجود بعض الخلاف بين النماذج الوصفية والنماذج الاستكشافية (Explorative). فالنماذج الاستكشافية من الممكن تضمنها البحث في البدائل الممكنة والتوجهات المختلفة في حين تختص النماذج الوصفية بالتعرف على مكونات وسلوك الأنساق وتوصيفها. ومن هذا المنطلق، تعد نماذج المحاكاة استكشافية أكثر منها وصفية. ولو أن نماذج المحاكاة يمكن استخدامها أيضًا من أجل البحث عن الحل الأمثل بأسلوب الأمثلية التجريبية (Experimental Optimization). وهناك العديد من الدراسات والرسائل العلمية الموجهة لهذا الغرض كان من الممكن أن يشير المؤلف إليها. ومن المؤكد أيضًا أن نماذج المحاكاة تستخدم لاختبار البدائل والسياسات وقياس انعكاساتها المباشرة وغير المباشرة، ومن هذا المنطلق، أعتقد أنه يمكن تصنيفها ضمن النماذج التوجيهية (Prescriptive model) بوجه عام. ومن هنا فإن النماذج التوجيهية (Prescriptive) ممكن أن تتضمن نماذج أخرى بجانب نماذج البحث عن الحل الأمثل (Optimization models) ولا تقتصر فقط عليها كما يُظهر الجدول رقم (3–2). في الوقت نفسه، من المُتفق عليه وفق ما تفرزه التجارب العملية وبدائل التطبيق في مجال التنبؤ أو الإسقاطات المستقبلية (Forecasting /Predictive)، أنه يمكن تصنيف النماذج بوجه عام إلى نماذج السلاسل الزمنية (Time Series Forecasting Models) التي– كما ذكر الكتاب– تفترض امتداد النمط السائد سابقًا فى المستقبل، وتعتمد على القياس الإحصائي لمعلمات النموذج باستخدام بيانات سلسلة زمنية. أما النوع الآخر من نماذج التنبؤ فيطلق عليه نماذج التنبؤ المشروط (Conditional Forecasting) والذي يحكم إسقاطاته المستقبلية شروطًا أو سيناريوهات بديلة. ولا تعتمد هذه النوعية من الإسقاطات المشروطة بالضرورة على القياس الإحصائي للمعلمات باستخدام سلاسل زمنية، بل تركز على توصيف البدائل المتاحة أو السيناريوهات البديلة الحاكمة لعملية التنبؤ. وهنا تُستخدم نماذج المحاكاة أو نماذج أخرى رياضية يتم استخدامها في إطار من المحاكاة في ظل بدائل مختلفة. وفي اعتقادي أن شيوع هذه النوعية من النماذج في مجال التخطيط الإنمائي والرؤى الاستشرافية للمستقبل، كان يتطلب من المؤلف مناقشتها بشكل أو آخر قبل الانتقال إلى مجالات التطبيق، وعلى وجه الخصوص الفصل الخاص بالاقتصاد وإعداد خططه التنموية.

وعلى مستوى وظائف واستخدامات النماذج كما ذكرت في الصفحات (33–31)، فإن بها بعض القصور أو النقص في التوصيف يتعين مناقشته. إذ من الأهمية بمكان، أن يتعرف القارئ بوضوح على البدائل المتاحة لاستخدام النماذج الرياضية كأداة تجريبية تسمح بإجراء اختبارات متعددة تسمح بترشيد ودعم اتخاذ القرار. ومن هنا فإن ما ذكره الكاتب عن الاستخدامات كان يتطلب مراجعة من حيث التوصيف ومستوى الشمول بحد سواء. ولنبدأ أولاً بغياب أحد الاستخدامات المهمة والدارجة للنماذج والتي يمكن توصيفها باختبار مدى مرونة وحساسية النسق المختبر

بالتغيرات الخارجية أو البيئية. ومنها على سبيل المثال لا الحصر في مجال الاقتصاد، تأثير تغير أسعار النفط العالمية على عجز الموازنة العامة في الدول المستوردة لهذة النوعية من الطاقة. أو انعكاسات تغير أسعار الفائدة العالمية على أداء أسواق النقد المحلية. أو التراجع الكبير في الأونة الأخيرة في حركة التجارة العالمية مقيسًا بالإيرادات المنخفضة لقناة السويس وتأثير ذلك على الأداء الاقتصادي بوجه عام والتوازن الخارجي في ميزان المدفوعات، واحتياطيات النقد الأجنبي بوجه خاص. وقد تزايدت الحاجة لهذه النوعية من النماذج في ظل ما نشهده من أزمات عالمية مثل جائحة كورونا وتأثيراتها الصحية والتعليمية والاقتصادية، والحرب الأوكرانية الروسية وتأثيرها على سلاسل الإمداد وارتفاع تكلفة الواردات، وأخيراً تأثير حرب غزة الأخيرة وتوابعها والتطورات السياسية السورية وانعكاساتها الاقتصادية والاجتماعية. وبالطبع فإن هذه النوعية من استخدامات أو تطبيقات النماذج الرياضية تحتاج لهياكل وصياغة رياضية مغايرة. ومن المؤكد، أن هذه النوعية من التطبيقات تختلف عن "تحليل حساسية النموذج الرياضي" التي ناقشها د. القصاص في إطار عرضه لنماذج الحل الأمثل، والتي تركز أساسًا على مدى قوة الحل الأمثل للنموذج (Robustness) وتأثرت بالتغيرات في معلمات دالة الهدف أو قيود النموذج (objective function and constraints). أعتقد ثانيًا أن استخدام النماذج في دعم اتخاذ القرار لم يتم عرضه بالشكل والمساحة المطلوبة لهذه التطبيقات المهمة في استخدام النماذج، فوفق أساسيات نظم دعم القرار باعتماد الحاسب (Computer–aided Decision Support Systems or Simply DSS) تُعد النماذج الرياضية من أهم الأدوات التحليلية لدعم اتخاذ القرار بجانب البيانات التحليلية والنظم الخبيرة المعتمدة على تكنولوچيا الذكاء الاصطناعي. ويدخل في نطاق اتخاذ القرار هنا بمفهومة الواسع حل المشكلات، واختبار السياسات ومقارنة السيناريوهات البديلة إلى جانب البحث عن حل أمثل يدعم اتخاذ القرار المناسب وترشيده، وفي بعض الحالات يعد التخطيط الاقتصادي أو الاجتماعي والدراسات الإستراتيچية المستقبلية بمثابة اتخاذ قرار مستقبلي. كما أن أحد استخدامات النماذج التي ذكرها المؤلف وهي كونها وسيلة للاتصال (Communication)، أعتقد أنه كان يقصد بها استخدام النماذج كأداة للتعلم والتدريب. وهي أحد البدائل المهمة لاستخدام النماذج في تطوير أساليب التدريس والتعلم (Teaching and Learning) كان من المُرغوب التعرض لها بشكل أكثر تفصيلاً. حيث بدأت هذه النوعية من التطبيقات تحت مسمى ألعاب المحاكاة (Simulation Games) ثم أصبحت فيما بعد من أحد أهم تطبيقات الحاسب في مجال التعليم. وهو أمر كان يتطلب توضيحًا من الكاتب نظرًا لأهمية هذا الاستخدام للنماذج في مجال التدريس والتعلم (Teaching and Learning) في العصر المعرفي الراهن.

من ناحية أخرى، يناقش الفصل الثالث (صفحة 69) نماذج الأمثلية والمحاكاة وهي تُمثل أهم النماذج الرياضية استخدامًا وارتباطًا بأساليب بحوث العمليات. وقد بدأ الفصل باقتراح تصنيف للنماذج (شكل (3–1)) بوجه عام بين

نماذج الأمثلية والنماذج الرياضية الأخرى. وبالرغم من دقة تصنيف نماذج البحث عن الحل الأمثل من حيث تقسيمها وفق طبيعة المتغيرات ودوال الهدف وخصائص المحددات أو المعادلات، فلم تتضمن النماذج الأخرى منطقًا حاكمًا لأنواعها. فقد تضمن تقسيمًا وفق الطبيعة الفنية للنموذج (محاكاة مقابل أمثلية) على سبيل المثال، وتقسيمًا وفق فئات التطبيق (مثل نماذج المخزون أو شبكات الأعمال). وهنا تكمن مشكلة أن نماذج المخزون ممكن حلها إما كنموذج برمجة رياضية أو كنموذج محاكاة، وبالمثل نماذج شبكات الأعمال من الممكن التعامل معها كنماذج محاكاة وبرمجة رياضية بحد سواء. وحتى يكون التصنيف المُقترح ذا جدوى مفاهيمية من ناحية، ويأخذ في اعتباره مسمى الفصل وتوجهه تجاه نماذج الأمثلية ونماذج المحاكاة، كان من الأفضل تصنيف النماذج إلى ثلاثة أنواع: نماذج الأمثلية ونماذج المحاكاة ثم النماذج الأخرى. وبذلك نعطي وزنًا متوازنًا لكل من المحاكاة والأمثلية كطرفين رئيسين في مجال أساليب بحوث العمليات. وفي الوقت نفسه يمكن طرح التقسيمات الخاصة بنماذج المُحاكاة إلى نماذج ذات فترات أو أحداث متقطعة (Discrete Event Simulation) ونماذج ذات متغيرات متصلة (Continuous Simulation) . وبذلك يُمثل الشكل محتوى الفصل بصورة أكثر وضوحًا وصراحة للقارئ، أو الساعي للتعرف على نماذج بحوث العمليات وأنواعها المُختلفة.

في إطار مشابه، ناقش الفصل الخاص بنماذج البحث عن الحل الأمثل وأساليب المحاكاة، بشكل تفصيلى، نماذج البرمجة الرياضية (Mathematical Programming) ودورها في الوصول إلى الحل الأمثل متضمنًا البرمجة الخطية وغير الخطية والصحيحة، مع شرح مُفصل بشكل ما للخوارزميات (Algorithms) المُستخدمة في عملية البحث. كما تعرض بالتحليل للبرمجيات أو بالأصح "للغات النمذجة أو لغات بناء النماذج على الحاسب " (Model Building Computer Languages) في هذا المجال. وهو التعريف الفني الأدق من كلمة "حزمة البرامج الرياضية" أو "نظام نمذجة" كما يستخدمه مؤلف الكتاب. وقد كان على د. القصاص، بالرغم من درجة التفصيل الذي أورده في جدول (3-1) بنفس الفصل، أن يفرق بين لغات الحاسب الموجهة لبناء النماذج، ونظم البرمجيات (Software Systems) المُستخدمة لتطبيق الخوارزميات أو خطوات حل النماذج الرياضية الموجهة لإيجاد حل أمثل للنموذج.. فهذه النوعية من تطبيقات الحاسب الموجهة لمعالجة نماذج الحل الأمثل تنقسم إلى نوعين من البرمجيات أو نظم الحاسب. النوع الأول هو لغات النمذجة الموجهة بالدرجة الأولى لصياغة النموذج الرياضي مثل لغات (GAMS, AMPL and AIMMS). أما النوع الثاني فيختص بخوارزميات لحل (Solvers or Algorithms) أو البحث عن الحل الأمثل ويقوم بعملها خبراء بحوث العمليات أو النمذجة الرياضية. ومن هذا المنطلق يطلق على لغات النمذجة مثل GAMS و AMPL اللغات التعريفية (Declarative Modeling Languages) وتخصص فقط لبناء النماذج، في حين تختص النوعية الثانية بالبحث عن الحل الأمثل مثل نظم

برمجة CONOPT أو Minus في حالة البرمجة الرياضية للنماذج غير الخطية (Non-linear programming). ومن ثم يستخدم المُنمذج أحد لغات النمذجة لصياغة النموذج حتى الجملة (Instruction) التي يطلب من خلالها اختيار أسلوب الحل. ومعظم أساليب حل مشكلات البرمجة الرياضية أصبحت الآن مبرمجة للتفاعل مع لغات النمذجة. وهو أمر يجب تداركه، من مؤلف الكتاب من أجل ضمان دقة المفاهيم العلمية وجودتها من ناحية ولسلامة توجيه الدارس نحو الاستخدام الأمثل لنماذج الأمثلية.

وبالرغم من درجة تفصيل الكتاب فيما يخص نماذج الأمثلية أو نماذج البحث عن الحل الأمثل والأمثلة المصاحبة لهذة النوعية من النماذج، وتركيز المؤلف فقط على نماذج "البرمجة الرياضية" (Mathematical Programming Models) التي تظهر بها دالة (أو دوال) الهدف في شكل معادلة رياضية وعدد من القيود الخطية أو غير الخطية والصحيحة ،حيث لم يتعرض لنوعيات أخرى مثل الأمثلية التجريبية والبحث عن الأمثلية باستخدام نماذج المحاكاة فقد جاء الجزء الثاني من الفصل الثالث عن نماذج المحاكاة مختصرًا وينقصه بعض المفاهيم اللازمة لاستكمال منهجية هذه النوعية من النماذج. ويظهر ذلك بشكل أوضح في أساليب المحاكاة ذات الأحداث أو الفترات المتقطعة. فمن حيث المبدأ، كان من المستحب في البداية التفرقة بين نماذج المحاكاة المتناظرة (Analog Simulation) ونماذج المحاكاة الرقمية (Digital Simulation) التي تدخل في نطاق النماذج الرياضية في مجموعة الأمثلة التي استعان بها الكاتب في مقدمة الفصل الفرعي لنماذج المحاكاة. كما أعتقد أنه كان مطلوبًا أن يوضح الكاتب الفرق بين " نهج المحاكاة" أو استخدام نموذج يتكون من نظام من المعادلات الرياضية غير الخطية على سبيل المثال، في إطار أو تجارب محاكاة من خلال تغير بعض المعلمات أو المُتغيرات الخارجية (Exogenous variables)، أو متغيرات قواعد عمل النسق أو سياسات تشغيلة (Policy variables) عبر الزمن، وبين بناء نموذج أمثلية أو نموذج محاكاة ديناميكي يتضمن متغيرات عشوائية تخضع لتوزيعات احتمالية (نموذج احتمالي أو عشوائي). من ناحية أُخرى، أرى أن الأمر كان يتطلب التأكيد على أن الميزة النسبية (Comparative Advantages) لنماذج المحاكاة تتمثل أساسًا في كونها ذات طبيعة ديناميكية عشوائية تسمح بالتمثيل المتعمق لآليات عمل الأنساق ودرجة تفصيلها، ومن ثم إجراء اختبارات أكثر واقعية للمقارنة بين البدائل والسياسات، وتقييم الآثار المباشرة وغير المباشرة.

وأعتقد أيضًا، أنه في إطار الطبيعة المرجعية للكتاب، كان من المتوقع أن يناقش الكاتب بشكل أكثر تفصيلاً بدائل المحاكاة ذات الفترات أو الأحداث المتقطعة (Discrete event Simulation). فعلى سبيل المثال ذكر د. القصاص في إطار مقارنة نماذج الأمثلية بنماذج المحاكاة، أن نموذج الحل الأمثل يتم حله لمرة واحدة في حين يتطلب الأمر تنفيذ أو تشغيل النموذج لعدد من المرات في حالة نماذج المحاكاة. وكان من المفروض أن يفرق

المؤلف بين نماذج الحل الأمثل الحتمية ونماذج المحاكاة المُتضمنة متغيرات عشوائية تعتمد على توزيعات احتمالية، وهو ما يتطلب توليد عينة عشوائية تتطلب تكرار تجربة المحاكاة. كما أنه يفضل عند مناقشة نماذج المحاكاة التعرض إلى توليد المتغيرات الاحتمالية باستخدام أسلوب مونت كارلو (Monte Carlo Sampling) كأحد خصائص هذه النوعية من النماذج. يضاف إلى ما سبق، أن نماذج المحاكاة ذات الفترات المُتقطعة الأكثر استخدامًا تتبنى منهجية جدولة الحدث (Event–scheduling) أو تفاعل أو تداخل العمليات (Process–Interaction)، وهو ما كان يتعين مناقشته أو عرضه في هذا المجال. ومن ثم، فإن قاموس المصطلحات والتعريفات التي ذكرها الكاتب عن مكونات نماذج المحاكاة في الصفحة رقم (97) أو الجدول (3–3) ينقصها على سبيل المثال مصطلحات مثل (Permanent and temporary entities) و (Timing Routines). كما أن هناك في أدبيات المحاكاة نوعية من نماذج المحاكاة ذات المتغيرات المُتصلة (Continuous simulation models) ذات تطبيقات متعددة في مجالي الهندسة وإدارة الإنتاج لم يشر إليها د. القصاص في مجال عرضة لنماذج المحاكاة (وهى بطبيعة الحال تختلف عن نماذج ديناميكا النظم التي تعرض لها الكتاب بالتحليل). بيد أنه يُحسب للمؤلف مناقشته بشكل مختصر للتوجهات الحديثة للمحاكاة مثل نماذج المحاكاة المُعتمدة على الفاعل (Agent–based Simulation)، ونماذج ديناميكا النظم التي ارتبطت بالعديد من التطبيقات في مجال العلوم الاجتماعية والاقتصادية، فضلًا عن استخدامها في صياغة وتنفيذ النماذج ذات البُعد العالمي.

وقبل الانتقال إلى جزء التطبيقات التي قدمها د. القصاص في مجالات السكان والاقتصاد والبيئة، يتعين التأكيد على ضخامة الجهد الذي بذله الكاتب في إعداد هذا الكتاب المرجعي الذي يقترب عدد صفحاته من (500) صفحة، حيث يغطي موضوعات فنية وعلمية تعتمد على خلفية رياضية وحاسوبية لا تتوافر سوى لدى عدد غير قليل من الدارسين والباحثين. ومن وجهة نظري الشخصية كان من المُمكن تقسيم الكتاب إلى كتابين مكملين لبعضهما، بحيث يختص الكتاب الأول بالمنهجية التي يتضمن (206) صفحة، في حين تُجمع التطبيقات في كتاب ثانٍ مع مقدمة مُختصرة عن منهجيات النمذجة. وقد يتضمن الكتاب الأول أيضًا وجود بعض الأمثلة التطبيقية وتضبيط بعض المفاهيم والصياغات. وبالطبع أتفهم وجهة نظر د. القصاص لربط المنهجية بالتطبيق فى وثيقة واحدة بالرغم من ضخامة حجمها.

بالعودة إلى التطبيق الذي يعكس تفضيل صاحب الكتاب، فإنه يركز على موضوعات ذات تأثير مهم على جهود تخطيط التنمية بمفهومها الشامل، وهي السكان والاقتصاد والبيئة. وتمثل تطبيقات النمذجة الاقتصادية فصلاً مهمًا في الكتاب بشموله لنحو (47) صفحة. وقد بدأ وفق أسلوب تناول الموضوعات المختلفة بالكتاب بالتصنيفات

المُختلفة للنماذج الرياضية في مجال الاقتصاد. وبناءً على التصنيف المُفضل لدية بمناقشة الأنواع المختلفة للنماذج والهدف من بنائها وطبيعة السياسات أو القضايا التي تتناولها بالتحليل. وبالرغم من وضوح تقسيم النماذج وفق مجالات التطبيق وحسب القضايا التنموية التي اعتمد فيه على مراجع علمية، فإن لى بعض الملاحظات على التقسيمات أو التصنيفات التي تبناها الكاتب في تقديم النماذج الاقتصادية. فالتقسيم حسب منهجيات النمذجة يشوبه نوع من التداخل أو الاشتباك يتعين مناقشته. ففي الحقيقة أن الأمر لا يرتبط بمنهجيات النمذجة فقط، والدليل على ذلك أن بعض نماذج التوازن العام الحسابية أو القابلة للحساب يمكن بناؤها كنماذج محاكاة، يطلق عليها أحيانًا في مجال تخصص أساليب المحاكاة بنماذج المحاكاة الكلية (Macrosimulation)، وتتكون من نظام للمعادلات غير الخطية، أو كنماذج ديناميكية للبرمجة الرياضية للبحث عن حل أمثل، بالرغم من أن الغالبية العظمى من نماذج التوازن العام الحسابية تصنف وتستخدم كنماذج محاكاة استاتيكية (static CGE) أو ديناميكية مقارنة (Comparative Static Simulation). ومن ثم ودون الدخول في التفاصيل، يمكن تقسيم قائمة النماذج إلى أربع فئات متناغمة أو متقاربة السمات هي؛ أولاً: نماذج الاقتصاد القياسي (Econometric Models) التي تتشابه في اعتمادها على أساليب الإحصاء القياسي والمعايرة، فضلاً عن تناول القضايا الاقتصادية الكلية. ثانيًا: نماذج المدخلات والمخرجات ونماذج التوازن الحسابي بشقية الإستاتيكى أو الديناميكى. وهي نماذج تعتمد بالأساس على إطار محاسبى قومى متسق على المستويين الكلي والجزئي مثل جداول المدخلات والمخرجات ومصفوفة الحسابات الاجتماعية، وهي لا تعتمد في غالب الأحيان على القياس الإحصائي للمعلمات. أما المجموعة الثالثة: فتضم نماذج التوازن الجزئي، أي التوازن على مستوى القطاع الاقتصادي (Sector Specific models). والعديد من هذه النوعية يستخدم أسلوب البرمجة الرياضية. وأخيرًا المجموعة الرابعة: تمثل فئة النماذج المعتمدة على منهجيات ديناميكا النظم، ونماذج الأمثلية، والنماذج القائمة على الفاعل. وبالطبع، على الرغم من هذا التصنيف المنطقي، يظل هناك بعض التشابكات بين هذه الفئات. فمن الممكن استخدام جداول المدخلات والمخرجات في إطار بعض نماذج التوازن الجزئي.

كما أن هناك نوعيات أخرى من النماذج الاقتصادية التي تربط بين قطاع اقتصادي ونموذج للتوازن العام مثل نماذج تشابك السكان مع الاقتصاد (Population– Economy interaction model) أو نماذج تشابك المالية العامة والاقتصاد (Public Finance– Economy Interaction). وبالرغم من جهود صاحب الكتاب في سرد العديد من المراجع العلمية المهمة في مجال النمذجة وتطبيقاتها. فقد غاب عن قائمة المراجع والعرض في الجانب الاقتصادي ومجال إعداد الخطط التنموية عدد غير قليل من النماذج الاقتصادية الكلية والجزئية عن الاقتصاد المصري، أُستخدم بعضها في إعداد الخطط الإنمائية، وبعضها في إطار مشروعات قومية بالجهاز المركزى للتعبئة

والإحصاء، ومركز المعلومات ودعم القرار التابع لمجلس الوزراء، ومعهد التخطيط القومي، وبعضها الآخر بدعم من البنك الدولي ومؤسسات التمويل الدولية، فضلاً عن عدد من النماذج الأخرى تم استخدامها في مجال التخطيط الإنمائي بالدول العربية، ومنها نماذج تربط بين نماذج التوازن العام الديناميكي والأهداف الإنمائية للألفية (MDGs) طبقت على مصر. ويُمكن توفير هذه المجموعة للدكتور القصاص حين رغبته لاستكمال قائمة المراجع الشاملة للكتاب.

نخلص مما سبق، وبعد القراءة المتأنية للكتاب الموسوعي للدكتور القصاص الذي اقتربت عدد صفحاتة من (500) صفحة، وبالرغم من ملاحظاتى الفنية والتنظيمية على بعض فصوله والتي أعتقد أنها من الممكن أن تضيف إلى جودة الكتاب كمرجعية للنمذجة، ويمكن أن تساهم أيضًا في علاج بعض أوجه القصور التي يمكن أخذها في الاعتبار في الإصدارات القادمة للكتاب، فإني أعتقد أن إعداد كتاب بهذا الشمول باللغة العربية في موضوع معقد مثل النمذجة الرياضية واستخدامها في العلوم الاجتماعية يُعد أمرًا غايةً في الصعوبة ويتطلب جهدًا متواصلًا لفترة طويلة من الزمن لإخراجه بهذا الشكل. وهو أمر يجب تهنئة د. القصاص عليه وتقدير إنجازه في هذا المجال. كما أن الكتاب سعى بوجه عام إلى تحقيق درجة عالية من الشمول في عرض منهجيات النمذجة وتطورها وبرمجيات الحاسب المُستخدمة في تشغيلها، كما قدم عددًا من استخداماتها في مجال اختبار التوجهات والسياسات السكانية والاقتصادية والبيئية.