النماذج التي تتنبأ بالمستقبل وإمكانية الإفادة منها في مصر

د. أحمد محمد نبوي حسب النبي*

الملخص

يتطلب التخطيط الفعال التنبؤ بالأحداث المتوقع حدوثها في المستقبلين القريب والبعيد. ولهذا اعتمد المخططون والباحثون وصانعو السياسات على اللوغاريتمات لتحليل مقادير كبيرة من البيانات، ووظفوا تقنيات متنوعة بداية من التقنيات الأكثر تقليدية لتحليل الانحدار وصولا إلى التقنيات الأكثر تعقيدا مثل نموذج الغابة العشوائية أو نماذج الشبكات العصبية. وقد حلل هذا البحث ٢٢ أداة من أدوات التنبؤ بالمستقبل. ومن أمثلة النماذج التنبؤية: أسلوب دلفي، والتنبؤ من خلال الدراسة المستعرضة/المقطعية، والسلاسل الزمنية، والتنبؤ باستخدام البيانات المستعرضة/المقطعية، والتنبؤ باستخدام بيانات السلاسل الزمنية، والتنبؤ باستخدام أدوات لم يتم تقويم درجة فاعليتها. وقد حلل البحث طبيعة هذه النماذج المختلفة والأساليب الواردة ضمن كل نموذج، وكيفية الاستفادة منها في مصر.

Abstract

Effective planning depends on predicting expected events in the near and distant futures. Therefore, planners, researchers and policy-makers have used algorithms to analyze big amounts of data. In addition, they utilized different techniques ranging from the traditional means of regression analysis to the more complicated ones such as random forest model and neural nets models. This piece of research investigated the benefits of 22 methods for predicting the future. These techniques include Delphi method, cross-sectional forecasting methods, time-series forecasting methods, cross-sectional data methods, time-series data methods, time-series forecasts methods, and widely used methods that have been subject to little testing. The research ended with a number of suggestions for utilizing such methods in Egypt.□

◆ باحث بالمركز القومي للبحوث التربوية والتنمية- شعبة بحوث التخطيط التربوي- القاهرة

مقدمة

يهدف التنبؤ إلى استشراف الغد، ورسم صورة لما سوف يكون عليه الحال في المستقبل، وتقويم تداعيات هذا المستقبل. وبالإضافة إلى هذا، فإن التنبؤ يهدف إلى التحسب لما يمكن أن يحدث في المستقبل، والاستعداد له من خلال صياغة عدة بدائل. وتفيد هذا البدائل في تجنب ما يمكن أن يحدث من مشكلات. ويسهم استشراف المستقبل في توقع ما سوف تصير إليه الأمور في المستقبل. ومن ثم تستطيع الدول والمؤسسات الاستعداد للمستقبل، والمساهمة في تشكيله، والاستفادة من متغيراته. وعلى سبيل المثال يفيد التنبؤ بالدخل القومي في رسم السياسة الاقتصادية للدولة، وتحديد مسارات الإنفاق الحكومي، وتقدير المعدلات الضريبية التي يتم فرضها. ويفيد التنبؤ بأعداد الخريجين من كل مرحلة تعليمية في التنبؤ بأعداد العاملين في كل قطاع من قطاعات سوق العمل. ويفيد التنبؤ بمعدلات الزيادة الطبيعية ومعدلات الوفيات في تحديد أعداد المدارس والمستشفيات التي ينبغي بناؤها. وتتباين الأدوات التي يستخدمها المتخصصون في التنبؤ بالمستقبل بين أدوات كمية وأدوات كيفية. وتعتمد النماذج الكمية على توظيف النماذج الإحصائية والمعادلات الرياضية. ويستخدم الباحثون الأدوات الكيفية عندما لا تتوافر بيانات حسابية عن الظاهرة موضوع الدراسة أو عند الافتراض بأن بعض جوانب الماضي سوف يتكرر حدوثها في المستقبل. ولا تعتمد النماذج الكيفية على مجرد التخمين؛ حيث توجد أدوات كيفية رصينة تعتمد على آراء الخبراء. ويحلل البحث الراهن ٢٢ أداة من أشهر الأدوات المستخدمة في التنبؤ بالمستقبل واستشرافه.

مشكلة البحث

يسعي العلماء المتخصصون في التنبؤ بالمستقبل إلى صياغة تنبؤات أكثر دقة وصدقاً. وهم يتعاملون مع درجات من احتمال حدوث المستقبل. ولهذا فهم يركزون على أكثر الاحتمالات حدوثا بناء على البيانات المتاحة. وعادة ما يبتعد هؤلاء العلماء عن دراسة القضايا الأشمل الأقل احتمالية في الحدوث، وعن القضايا المعيارية المرغوب في حدوثها. ويتصف هذا التجاهل لهذين النوعين من القضايا المستقبلية بعيوب خطيرة. وأول هذه العيوب اختيار نماذج تنبؤية تعتمد بصورة مفرطة على ما حدث في الماضي. وعلى الرغم من فائدة المؤشرات الماضية في تتبع الأحداث السابقة، إلا أن هذا المدخل يغفل التحولات الجذرية العميقة التي حدثت. وثاني هذه العيوب هو أن الاهتمام المبالغ فيه بالأحداث المتوقع حدوثها يغفل النواتج غير المحتمل حدوثها أو النواتج المعيارية المرغوب في حدوثها. (Miller, Riel, 2007, pp.341-342)

ولهذا يلجأ المتخصصون في التنبؤ بالمستقبل إلى صياغة نماذج تنبؤية متقدمة تستشرف المستقبل، وتمزج بين الأساليب الكمية وبين نظرية النظم المتقدمة في محاولة للتغلب على إشكاليات عدم استقرار المستقبل، وعدم استمراريته في بعض الأحيان، وطبيعة التحولات الجزئية والجذرية التي تحدث في المستقبل. ونظرا لاعتماد بعض الأدوات المستخدمة في التنبؤ بالمستقبل على ديناميات النظم المغلقة والاسقاط الخطي للماضي، حدثت بعض المشكلات والأخطاء عند التنبؤ بالمستقبل. واتجه المخططون إلى توظيف أدوات أخرى للتخطيط للأزمات مثل: أسلوب دلفي والمحاكاة. ومن مزايا أسلوب دلفي وأداة المحاكاة مراعاتهما لمبدأ التجديد الداخلي للنظام ومبدأ انفتاح النظام؛ الأمر الذي يساعد على فهم الخبايا الداخلية المجهولة للنظم التي تتم دراستها. ولهذا يدعو العلماء المتخصصون في التنبؤ بالمستقبل إلى ابتكار وتقويم نماذج جديدة للتنبؤ بالمستقبل من ناحية، وإلى التواضع عند تحديد ما نعرفه بدقة عن المستقبل، وإلى الاتصاف بقدر أكبر من الطموح لصياغة الملامح المستقبلية للغد المجهول .

(Miller, Riel; Poli, Roberto; & Rossel, Pierre, 2014, pp. 32-43)

ولهذا يسعي البحث الراهن إلى تحليل أهم النماذج العالمية المستخدمة في استشراف المستقبلات الممكنة والمحتملة والتنبؤ بها. ولا تقوم هذه النماذج على التخمين، بل تستند إلى منهجيات راسخة ومجربة. والتنبؤ بالمستقبل هو علم حديث النشأة وفي مرحلة نمو دائم. وهو أداة فعالة لصناعة السياسات، ويمارسه أساتذة الجامعات والباحثين، والعاملون في الوزارات، وقطاع الصناعة والتكنولوجيا. وإننا في أمس الحاجة إلى ابتكار وفهم نماذج تحليلية تنبؤية تنظر إلى المستقبل في ضوء علاقته بالحاضر، وباعتباره مستقبلا في مرحلة التشكل. ولهذا يجب أن تتجاوز هذه النماذج التنبؤية الأساليب التي سادت في الماضي والتي كانت تركز فقط على التنبؤ بالأحداث الأكثر احتمالية في الحدوث. كما يجب على الباحثين أن يبتكروا نماذج أحدث تركز بدرجة أكبر على المستقبلات الممكنة، وتراعي إمكانية وقوع أحداث غير متوقعة.

وللتغلب على كل هذه الإشكاليات يسعي البحث الراهن إلى الإجابة عن التساؤلين التاليين:

١) ما أهم النماذج التنبؤية العالمية المستخدمة في استشراف المستقبل؟

٢) كيف نستفيد من هذه النماذج التنبؤية العالمية في مصر؟

أهمية البحث

"إن هدف علماء المستقبلات (Futurists) هو تحسين مستوى رفاهية الجنس البشري، والحفاظ على استدامة الحياة على كوكب الأرض. وينفذ علماء المستقبلات هذه الغاية بصورةٍ منطقية منتظمة من خلال استكشاف المستقبلات البديلة. وبهذا فهم يقومون بالتفكير وفقا لرؤية مستقبلية جديدة، ويحاولون صياغة تصورات عقلانية عن المستقبلات الممكنة، والقيام بالدراسة العلمية للمستقبلات المحتملة، وتقويم المستقبلات المفضلة بصورة أخلاقية. وباختصار، فإنهم يسعون إلى استكشاف معالم المستقبلات الممكنة والمحتملة والمفضلة "
(Bell, Wendell, 1996, pp. 13-20).

والتفكير المستقبلي هو القدرة على التفكير بطريقة تنظر إلى الأمام، وتعترف وتتعامل مع اللايقين بطريقة بناءة. وبعبارة أخرى، فإنه يتصل بالقدرة على التعامل مع الأمور المعقدة وغير المؤكدة. والقدرة على التنبؤ بالمستقبل هي القدرة على تحليل وتقويم وصياغة تصورات ثرية عن المستقبل ترتبط بأطر حل المشكلات ضمن أطر التنمية المستدامة. ويتطلب التفكير المستقبلي القدرة على تأسيس مسارات واقعية للوصول إلى المستقبلات الممكنة والمستقبلات المرغوب في تحقيقها. ولهذا فمن المهم أن يتم تحليل النماذج التي يمكن استخدامها في التنبؤ بالمستقبل. وتزداد أهمية دراسة هذه النماذج التنبؤية نتيجة لتعقد وترابط وتناقض المشكلات التي تواجهها المجتمعات في القرن الحادي والعشرين. ومما يزيد من صعوبة دراسة هذه المشكلات وجودها في بيئة غير يقينية تتصف بالتغير السريع. وتستدعي الصياغة المستقبلية للعالم المعاش إجراء بحوث رصينة عن طبيعة ومكونات هذا المستقبل. وبالتالي، فلابد من دراسة النماذج التي يمكن استخدامها في التنبؤ بماهية هذا المستقبل وخصائصه ووظائفه.

أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى تحليل ٢٢ أداة من أشهر الأدوات التي يستخدمها علماء بحوث المستقبلات (Futures Research) وعلماء الاقتصاد الرياضي (Econometrics) في التنبؤ بالمستقبل. كما يهدف أيضا إلى توضيح إمكانية الاستفادة منها في جمهورية مصر العربية.

مصطلحات البحث

يعرف " أرمسترونج" (Armstrong) التنبؤ بالمستقبل باعتباره تحديداً لمعالم مواقف مجهولة. ويعرف "مارتينو"(Martino) التنبؤ بالمستقبل التكنولوجي باعتباره تنبؤاً بالخصائص المستقبلية للآلات أو الإجراءات أو التقنيات المفيدة. وبهذا ينظر "مارتينو" إلى التنبؤ المستقبلي على أنه دراسة عقلانية وتحليل منطقي للبيانات المتوافرة بهدف تحديد المستقبلات قصيرة ومتوسطة وطويلة المدى في مجال بحثي معين أو وفقاً للقضايا المطروحة من قبل المنهجيات البحثية العلمية (Cuhls, Kerstin, 2003, p. 95). ويعرف "ستيفين ووك"(Walk,Steven) التنبؤ التكنولوجي الكمي على أنه دراسة البيانات التاريخية لتحديد اتجاهات الانتشار أو الإحلال التكنولوجية المشتركة (Walk, Steven R., n.d., p. 104). وسوف يتبنى البحث التعريف التالي هي تلك النماذج الكمية والكيفية التي يستخدمها علماء المستقبلات وعلماء الاقتصاد الرياضي لفهم وتوقع المستقبلات وللتنبؤ بها والتأثير عليها.

منهجية البحث

يستخدم البحث الراهن المنهج الوصفي في وصف النماذج والأدوات التي استخدمها علماء بحوث المستقبلات وعلم الاقتصاد الرياضي في التنبؤ بالمستقبل. وقد حلل البحث ٢٢ أداة من أشهر الأدوات التي تم استخدامها في استشراف المستقبل، والتعرف على أهم خصائصه، ومحاولة التأثير عليه لصياغة مستقبلات معيارية مرغوب في تحقيقها. وقد راعي الباحث اختيار نماذج تنبؤية تستطيع تقديم توقعات دقيقة عن المستقبلات، ونماذج قادرة على بناء مستقبلات ديناميكية مستدامة. وقد اختار الباحث هذه الأدوات نتيجة لشيوع استخدامها في الدوريات العلمية الرصينة المعنية بدراسة المستقبل مثل:

١) "دورية مستقبلات العالم" (World Futures Review)
٢) "دورية الدراسات المستقبلية" (Journal of Futures Studies)
٣) " الدورية الدولية للتنبؤ بالمستقبل" (International Journal of Forecasting)
٤) "دورية التنبؤ بالمستقبل" (Journal of Forecasting)
٥) "دورية المستقبلات" (Futures)
٦) "دورية التنبؤ التكنولوجي والتغير الاجتماعي" (Technological Forecasting and Social Change)
٧) "دورية استشراف المستقبلات"(Foresight)

حدود البحث

سوف تقتصر حدود البحث على دراسة الأدوات التالية :
١) أسلوب دلفي.
٢) الدراسة المستعرضة/المقطعية من خلال النماذج السببية للتنبؤ .
٣) الدراسة المستعرضة/المقطعية من خلال حكمة الخبراء بدون الاعتماد على عوامل خارجية .
٤) الدراسة المستعرضة/المقطعية من خلال حكم الخبراء المقنن .
٥) التنبؤ باستخدام السلاسل الزمنية من خلال النماذج السببية .
٦) التنبؤ باستخدام السلاسل الزمنية من خلال الاتجاه المعتدل .
٧) أداة التبعية السببية .
٨) التفاعل الذي تتم محاكاته .

٩) القياس المقنن.
١٠) تحليل القضايا بناء على حكم الخبراء .
١١) أداة التجزئة .
١٢) التعديلات بناء على حكم الخبراء .
١٣) التنبؤ القائم على القواعد.
١٤) التحليل بواسطة العوامل السببية .
١٥) عوامل التباينات الدورية التي يتم تقريبها .
١٦) التنقيب في البيانات .
١٧) الشبكات العصبية .
١٨) أساليب "بوكس- جينكينز".
١٩) التنبؤ بالمعلومات المتصلة بالأسواق .
٢٠) التحليل المدمج/المشترك .
٢١) نظرية الألعاب .
٢٢) نماذج الانتشار.

وبعد تحليل خصائص هذه النماذج التنبؤية، سوف يقوم الباحث بتوضيح كيفية الاستفادة منها في مصر.

دراسات سابقة

وعلى حسب علم الباحث فإن الدراسات العربية في مجال الدراسات التنبؤية قليلة للغاية. ولم يتسن للباحث سوي الاطلاع على الدراسات العربية التالية.

الدراسات السابقة العربية

١) **دراسة حلمي، فؤاد أحمد وقدري، خالد (٢٠١٧) بعنوان "النماذج التنبؤية في التعليم"**: واستهدفت الدراسة صياغة نموذج للتنبؤ بالمستقبل يمكن استخدامه في مجال التربية. واعتمدت الدراسة على خبرة الولايات المتحدة الأمريكية في مجال النماذج التنبؤية في مجال التعليم (حلمي، فؤاد أحمد وقدري، خالد، ٢٠١٧، ص ص. ١-١٠).

٢) **دراسة الجدري، على سعيد أحمد سعيد (٢٠١٦) بعنوان " فاعلية رياضيات نظرية الفوضى في تنمية مهارات التفكير الناقد لدي الطلبة المعلمين بكليات التربية في اليمن"**: واستهدفت الدراسة بناء برنامج مقترح في رياضيات نظرية الفوضى للطلبة المعلمين بقسم الرياضيات بكليات التربية في الجامعات اليمنية الحكومية، والتعرف على مدى فاعلية البرنامج المقترح في تنمية مهارات التفكير الناقد لدى الطلبة المعلمين بقسم الرياضيات في كلية التربية بجامعة صنعاء. واعتمد البحث على المنهج التجريبي من خلال تصميم المجموعة التجريبية الواحدة باختبار قبلي وبعدي. واختار الباحث عينة مكونة من ٥٣ طالبا/معلما من طلبة المستوى الثالث بقسم الرياضيات في جامعة صنعاء. وخلصت الدراسة إلى النتائج التالية:

- حقق البرنامج المقترح في رياضيات نظرية الفوضى هدفه في تنمية مهارات التفكير الناقد لدى عينة البحث (الجدري، على سعيد أحمد سعيد، ٢٠١٦، ص ص. ١٠٩-١٢٦).
- ينمي تطبيق الرياضيات في حل المشكلات المتعلقة بالظواهر الطبيعية والأحداث الجارية مهارات التفكير الناقد لدى عينة البحث.

وأوصت الدراسة بتنفيذ المقترحات التالية:

- إدراج مادة في محتوى رياضيات نظرية الفوضى ضمن مناهج الطلبة/المعلمين بقسم الرياضيات بكليات التربية.

- تطعيم مقرر حل المشكلات للطلبة/المعلمين بقسم الرياضيات بمشكلات رياضية تفسر الظواهر الطبيعية، وتعمل على تنمية أنواع مختلفة من التفكير لديهم.
- بناء برنامج مقترح في النظم الديناميكية المستمرة في رياضيات نظرية الفوضى، وقياس فاعليته في تنمية مهارات التفكير الناقد لدى الطلاب/المعلمين بقسم الرياضيات بكليات التربية (الجدري، على سعيد أحمد سعيد، ٢٠١٦، ص ص. ١٢٦-١٣٢).

٣) **دراسة توفيق، صلاح الدين محمد (٢٠٠٣) بعنوان "المحاكاة وتطوير التعليم"**: واستهدفت الدراسة تعريف مفهوم المحاكاة، واستعراض تطورها التاريخي وتوضيح الاختلافات بينها وبين مفهوم النمذجة، وتوضيح عناصر المحاكاة وأشكالها وأنماطها، وتحليل طبيعة التعليم باستخدامها، وتحديد المعوقات التي تحول دون استخدامها في العملية التعليمية، ثم تقويم إمكانية إسهامها في تطوير التعليم. وخلصت الدراسة إلى عدد من النتائج، ومن أبرزها ما يلي:

- تتطلب المحاكاة قدراً كبيراً من التخطيط والبرمجة لتصبح فعالة ومؤثرة.
- تتطلب المحاكاة أجهزة حاسب آلي ومعدات ذات مواصفات خاصة.
- تحتاج المحاكاة إلى فريق عمل من المعلمين والمبرمجين وعلماء النفس وخبراء المناهج وطرق التدريس.
- يمثل عدم توافر القناعات الكافية لدي معظم صانعي القرارات في الإدارات التربوية بأهمية المحاكاة في النظام التعليمي أحد العوامل التي أثرت سلبا على تطبيق هذه الأداة.
- أثر عدم توافر برامج تربوية تعليمية باللغة العربية بالسلب على استخدام المعلمين لهذه الأداة (توفيق، صلاح الدين محمد، ٢٠٠٣، ص ص. ٢٤٥-٢٩٠).

وأوصت الدراسة بتنفيذ المقترحات التالية:

- تشكيل هيئة على المستوى القومي من المتخصصين في مجال تكنولوجيا التعليم بالاشتراك مع مركز التطوير التكنولوجي بوزارة التربية والتعليم تتولي مسئولية وضع خطة متكاملة للاستفادة من تكنولوجيا التعليم والوسائط التعليمية.
- تأسيس صناعة متخصصة على المستوى القومي لتوفير الأدوات والأجهزة والوسائل التعليمية على المستوى المحلي.
- تأهيل وتدريب المعلمين على انتاج البرامج التعليمية واستخدامها ضمن مقررات البكالوريوس بكليات التربية.
- تشجيع الهيئات العلمية على تصميم وابتكار برامج متخصصة في مجال المحاكاة باللغة العربية (توفيق،صلاح الدين محمد،٢٠٠٣، ص ص. ٢٩٠-٢٩٧).

٤) **دراسة زاهر، ضياء الدين (٢٠٠٢) بعنوان " أسلوب دلفي: أحكام الخبراء وخبرة الحكماء "**: واستهدفت الدراسة تحليل أسلوب دلفي باعتباره منهجية أولية لتنظيم وصقل وزيادة الإجماع والاتساق بين الخبراء في مجال قرار أو قضية ما في المستقبل. وحللت المقالة الجذور التاريخية لأسلوب دلفي، واستعرضت دواعي استخدامه. وأوضحت الدراسة أن هناك عدة صيغ لهذا الأسلوب مثل: "الصورة التقليدية" (Conventional Delphi)، و"مؤتمر دلفي" (Delphi Conference)، و"سياسات دلفي" (The Policy Delphi). وخلصت الدراسة إلى النتائج التالية:

- يعاني أسلوب دلفي من عدة عيوب مثل: صعوبات الاتصال، وعدم الدقة في اختيار الخبراء، وتدني مستوى إدارة عملية الاتصال، واختلاف المدارس الفكرية للمشاركين اختلافا جذريا، وعدم التجانس بين الخبراء المشاركين، وسيادة رأى الأغلبية.

وأوصت الدراسة بتطبيق صيغة سياسات دلفي نظراً لتلافيها لهذه العيوب والمآخذ (زاهر، ضياء الدين، ٢٠٠٢، ص ص. ٢٧٥-٢٨٠).

٥) **دراسة زاهر، ضياء الدين (٢٠٠١) بعنوان "منتدي عربي للفكر المستقبلي: إطار للتأمل":** واستهدفت الدراسة توضيح أهمية دراسة المستقبل، وأوضحت أن دراسة المستقبل هي طريقة لبناء تفكيرنا وعقولنا، وطريقة لصياغة مفاهيمنا وأفعالنا الحياتية، وطريقة مغايرة للتفكير في المجتمع والعالم من حولنا. وأوضحت الدراسة أن اتجاهات البحوث المستقبلية تقوم على محاولة التحكم في المستقبل وتغييره عن طريق ابتداع أشكال من المستقبلات الممكنة وتحويلها إلى مستقبلات محتملة وتطويرها إلى مستقبلات مرغوبة. وخلصت الدراسة إلى النتائج التالية:

- أهمية دراسة المستقبلات في دول الوطن العربي.
- ضرورة عقد مؤتمرات منتظمة في مجال الدراسات المستقبلية.

وأوصت الدراسة بتنفيذ التوصيات التالية:

- تأسيس مؤسسات علمية للدراسات المستقبلية في الدول العربية.
- تأسيس منتدي للبحوث المستقبلية في العالم العربي يناقش القضايا العربية الاستراتيجية، ويقدم برامج لإعداد الكوادر البشرية المؤهلة في مجال دراسة المستقبل؛ بحيث يسهم في ترشيد دعم القرارات السياسية المستقبلية، ويساعد صناع القرار على القيادة الفاعلة، وينظم الندوات لإثارة الاهتمام بالبحث والفكر المستقبلي وينشر التقارير الاستراتيجية (زاهر، ضياء الدين، ٢٠٠١، ص ص. ٢١٥-٢٢٣).

٦) **دراسة الحوت، محمد صبري (١٩٨٦) بعنوان " النماذج الرياضية كأداة للتخطيط التربوي":** واستهدفت الدراسة تقديم تحليل موجز لمدخل الطلب الاجتماعي على التعليم (Social Demand Approach)، ومدخل التنبؤ بالقوي العاملة (Manpower Forecasting Approach)، ومدخل معدل العائد من التعليم (The Rate of Return Approach)، وشروط بناء النماذج الرياضية. وحلل الباحث "نموذج بيركلاند" (Birkeland Model) كأحد الأدوات المستخدمة في التنبؤ بمعدلات القيد والتخرج من مؤسسات التعليم العالي. ويمثل نموذج بيركلاند أحد النماذج المستخدمة في مدخل الطلب الاجتماعي على التعليم. ثم حلل الباحث "نموذج بالينيسكي وريزمان" (Balinsky & Reisman) لتخطيط القوي العاملة وفقا للمستوى التعليمي. ويعد نموذج بالينيسكي وريزمان أداة من أدوات مدخل التنبؤ بالقوي العاملة. كما حلل الباحث "نموذج سميث"(Smith Model) كأحد نماذج قياس العائد الاقتصادي من التعليم. وخلص الباحث إلى النتائج التالية:

- ترتبط بعض النماذج الرياضية بتحيزات ثقافية ومجتمعية معينة، في حين لا يرتبط البعض الآخر بمثل هذه التحيزات.
- من الصعب فهم سلوك أي نظام تعليمي وتحديد اتجاهاته المستقبلية والتنبؤ بالآثار المتنوعة لقراراته التعليمية بدون استخدام النماذج الرياضية.

وقد أوصي الباحث بتنفيذ التوصيات التالية:

- ضرورة إجراء المزيد من الدراسات حول مدى نفع النماذج الرياضية في تحسين عمليات التخطيط التربوي.
- توظيف تقنيات البرمجة الخطية والبرمجة غير الخطية في التخطيط التربوي (الحوت،محمد صبري،١٩٨٦، ص ص. ١٣-٣٢).

الدراسات السابقة الأجنبية

توجد الآلاف من الدراسات الأجنبية التي تناولت نماذج التنبؤ بالمستقبل. وقد اختار الباحث هذه الدراسات الأجنبية نظرا لعمق إطارها النظري، وقيام الباحثين الأكثر شهرة في مجال الدراسات المستقبلية بتأليفها، ونظرا لخضوعها للتحكيم ونشرها في أرقي الدوريات العلمية المتخصصة. ومن الأمثلة على الدراسات الأجنبية المرموقة في مجال التنبؤ بالمستقبل ما يلي:

١) **دراسة دولان تيموثي (٢٠١٧) بعنوان "صياغة اللايقين: التحليل الجدلي والدراسات المستقبلية"**: واستهدفت الدراسة وصف أسس التحليل الجدلي، وتطبيق هذه الأسس على الدراسات المستقبلية. واستفادت الدراسة من المدخل الجدلي وخصائصه مثل: الديناميكية، وعدم التناغم مع المعايير البشرية الزمنية أو المكانية. وخلصت الدراسة إلى النتائج التالية:

- لا تخضع العمليات الجدلية المرتبطة بالتغييرات الاجتماعية والرؤية العالمية للزمان الدوري إلا عندما يتم فرض هذه العمليات الجدلية بصورة سطحية نتيجة الانتخابات السياسية.
- تتسق العمليات الجدلية مع آليات الكوانتم عند تطبيقها على التأثيرات التكنولوجية.
- يعد أسلوب دلفي أسلوباً منطقياً لتطوير نظام الرعاية الصحية في الولايات المتحدة الأمريكية.

وطالبت الدراسة بتنفيذ التوصيات التالية:

- الاستفادة من قدرة التحليل الجدلي على تقبل اللايقين في البيئات المعقدة والديناميكية بصفة عامة وفي البيئات الاجتماعية بصفة خاصة.
- استخدام التحليل الجدلي مع الأدوات التنبؤية في صياغة عدد من النواتج من التفاعلات الجدلية.
- دمج العمليات التاريخية مع جميع مستويات الاحتمالات لتحسين التخطيط للطوارئ، والتحولات في النماذج المعرفية، وصياغة أفضل للسياسات الاجتماعية.
- استخدام المدخل الجدلي مع التحليل المتعدد الطبقات السببي (Casual Layered Analysis) في دحض الثنائيات الخاطئة (Dolan,.Timothy E., 2017, pp. 1-10)

٢) **دراسة عناية الله سهيل (٢٠١٧) بعنوان "التاريخ الكلي والأبعاد الزمنية للمستقبل كممارسة"**: واستهدفت الدراسة تحليل النظريات المتصلة بالأبعاد الزمنية للمستقبل وخاصة أدوار التاريخ الكلي والأنماط المنتظمة للمستقبل. وعرفت الدراسة التاريخ الكلي باعتباره هو دراسة النظم الاجتماعية ومساراتها المنفصلة عبر الأزمنة والأمكنة والمعارف بحثا عن القوانين العامة للتغييرات الاجتماعية. وخلصت الدراسة إلى النتائج التالية:

- إن استخدام المدخل اللولبي للمستقبل هو من أمر صعب.
- إن الهدف من بعض نظريات الألعاب هو إنهاء دورة هيمنة الفرد على الآخرين، وخلق مجتمع تعاوني تتعاون فيه الجماعات سويا لمصلحة النظام ككل، وإدراك أهمية تحقيق الفوائد للأجيال القادمة بدلا من الاقتصاد على إفادة عائلة الفرد أو مدينته في الوقت الحاضر فقط.

وقد أوصت الدراسة بتنفيذ التوصيات التالية:

- التحول من الاعتقاد بوجود مستقبل واحد إلى الاعتقاد بوجود عدة مستقبلات بديلة.
- إن هناك عدة نماذج لحركة الأحداث التاريخية مثل: الحركة الخطية، والحركة الدائرية، والحركة البندولية، والحركة اللولبية.
- إن فهم النماذج المتعددة الممكنة لمسارات حركة الأحداث التاريخية تسهل على الباحثين التخطيط للمستقبلات المرغوب في حدوثها (Inayatullah, Sohail, 2017, pp. 1-7).

٣) **دراسة جروفز كريستوفر (٢٠١٧) بعنوان "تفريغ وتجريد المستقبل: الأصول السياسية والبيئية لاستشراف المستقبل"**: واستهدفت الدراسة تقديم تحليلا مفاهيميا للأسس السياسية لاستشراف المستقبل، ولواقع التخطيط للبنية التحتية في مجال الطاقة في المملكة المتحدة. وأوضحت الدراسة أن علم اجتماع التوقعات يؤكد على تأثر المستقبل بالتصورات والصور الموجودة في العلوم والتكنولوجيا، وأن استشراف المستقبل لا يظهر فقط في صورة تصورات؛ حيث يشمل قدرات مادية وخصائص وجدانية وبيولوجية/فيزيائية وتكنولوجية. وأشارت الدراسة إلى تأثر الأصول السياسية للتنبؤ بالمستقبل بكيفية توزيع هذه الخصائص الرمزية والمادية. وخلصت الدراسة إلى النتائج التالية:

- إن تجريد المستقبل يؤدى إلى صياغة المستقبل في صورة خطية.
- يتم التعرف على المستقبل من خلال الممارسات التي تستمر بها الحياة ضمن الملامح المترابطة المتداخلة مع الأنشطة المترابطة. ويعني هذا، أن هذه الممارسات تنظر إلى المستقبل باعتباره مشكلة لها صورة متعددة في الأزمنة والأماكن المختلفة.
- إن تقديم بعض التصورات المستقبلية على غيرها يجعل تجريد المستقبل قادراً على تحويل بعض الخصائص الاجتماعية والتكنولوجية والبيئية إلى قضايا عامة مهمة للمجتمع.

وطالبت الدراسة بتنفيذ عدد من التوصيات. ومن أهم هذه التوصيات ما يلي:

- أن يتم التعبير عن الخصائص المادية لأنماط التنبؤ من خلال الأوضاع المادية.
- الاستفادة من المؤسسات البحثية في فهم الأبعاد السياسية للتنبؤ بالمستقبل (Groves, Christopher, 2017, pp. 29-37).

٤) **دراسة بونتوكس لورانات وبنجتسون دانيال وروزا آرون وسويني جون (٢٠١٦) بعنوان "نظام استقراء السيناريوهات الخاص بالمركز البحثي المشترك للاتحاد الأوروبي من الدراسة إلى نظرية الألعاب"**: واستهدفت الدراسة التنبؤ بالمستقبلات المستدامة والتنمية الاقتصادية والصناعات في دول الاتحاد الأوروبي بحلول عام ٢٠٣٥. واستخدمت الدراسة أسلوب السيناريوهات ونظرية الألعاب بهدف صياغة تصور عن المستقبلات البديلة وتحقيق التواصل بين الخبراء المشاركين في الدراسة. وقد استغرق تصميم نموذج نظرية الألعاب ٤ شهور. وقد شارك المركز البحثي المشترك للاتحاد الأوروبي ومركز هاواي البحثي للدراسات المستقبلية ومركز السياسات غير التقليدية والدراسات المستقبلية في صياغة النموذج الرياضي لنظرية الألعاب. وتم استطلاع آراء الخبراء من خلال ١٠ جلسات. وخلصت الدراسة إلى النتائج التالية:

- إمكانية استخدام النموذج الرياضي لنظرية الألعاب الذي تم تطويره في هذه الدراسة في بناء المزيد من السيناريوهات المتصلة بالتكنولوجيا المستقبلية، وتدريب الباحثين على التنبؤ بالمستقبل.
- فاعلية التعاون بين المراكز البحثية في تطوير النماذج الرياضية الخاصة بنظرية الألعاب.

وأوصت الدراسة بتنفيذ التوصيات التالية:

- إجراء مزيد من الأبحاث حول كيفية تطبيق هذا النموذج الرياضي في مختلف القطاعات المجتمعية في دول الاتحاد الأوروبي.
- ضرورة أخذ التفاعلات بين العوامل السياسية والاقتصادية والتكنولوجية في الاعتبار عند صياغة السيناريوهات المستقبلية

(Bontoux, Laurent; Bengtsson, Daniel; Rosa, Aaron; & Sweeney, John, 2016, pp. 93-106).

٥) **دراسة ميمون-سوريل ماري-لور (٢٠١٦) بعنوان " تبني اتجاه متجاوز للتخصصات في الفصل بهدف خلق مستقبل ممكن"**: واستهدفت الدراسة تقديم بديل زمني سريع لإصلاح النظم التعليمية. وقامت الدراسة باستخدام المنهج الوصفي في تحليل الأدوار التي ينبغي على المعلمين القيام بها للبدء في عملية إصلاح جذرية للنظم التعليمية من خلال تبني مدخل تجاوز التخصصات (Transdisciplinary). وتناولت الدراسة كيفية مساعدة التلاميذ على تحسين تعلمهم من خلال تنمية الوعي. وخلصت الدراسة إلى النتائج التالية:

- ضرورة تطبيق المعلمين لمنهجية 'نيكوليسكو' (Nicolescu) المتجاوزة للتخصصات. حيث تقوم هذه المنهجية على :أ) مستويات متعددة من الحقائق ومستويات متنوعة لفهم هذه الحقائق. ب) تعقد الاعتماد المتبادل في العالم.
- إن تبصير التلاميذ بالطبيعة المعقدة للواقع تحفز التلاميذ وتزيد من دافعيتهم للتعلم.
- إن تنبي المشروعات التعليمية القائمة على زيادة مستوى وعي التلاميذ بالعالم المحيط بهم وبذواتهم يزيد من إتقان التلاميذ لما يتعلمونه.

وأوصت الدراسة بتنفيذ التوصيات التالية:

- تبني المدارس لمدخل كلي في التعلم يقوم على تشجيع التعلم الذي يغير من فهم الأفراد لذواتهم وللعالم المحيط بهم، ويربط المادة المتعلمة بالمتعلم والبيئة، ويطبق مبدأ التخصصات المتجاوزة.
- التخلي عن الأساليب التقليدية في التدريس القائمة على الهرمية، وسلبية المتعلم، وثنائية المعلم الحكيم/التلميذ المتلقي الجاهل.
- ضرورة تدريب التلاميذ على صياغة مستقبلات ممكنة الحدوث

(Mimoun-Sorel, Marie-Laure, 2016, pp. 21-30).

٦) **دراسة كونسلر إيفا ماريا وتوينستارا ويلميجين وفايسيليدوإلفاثيرا وبيترسين آرثر (٢٠١٥) بعنوان " الممارس النقدي لعلم المستقبلات: الموازنة بين التميز والمصداقية والشرعية عند صياغة معلومات استشرافية للمستقبل بالتعاون مع المستفيدين من التنبؤ بالمستقبل"**: واستهدفت الدراسة استقصاء كيفية قيام الباحثين في علم استشراف المستقبلات بتحقيق التوازن بين التميز والمصداقية والشرعية عند صياغة معلومات استشرافية في أثناء تفاعلهم مع صانعي السياسات وغيرهم من الفاعلين في المجتمع. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي، وأوضحت أن مشاركة المستفيدين من العمليات التنبؤية في التنبؤ بالمستقبل تزيد من صرامة المعلومات الاستشرافية، وتوسع من نطاق القضايا التي يتم دراستها، وتجعلهم يشعرون باشتراكهم في الوصول لهذه المعلومات. وأشارت الدراسة إلى أن علماء المستقبلات يشركون الأطراف الفاعلة في المجتمع في التنبؤ بالمستقبل بهدف تحقيق التميز والمصداقية والشرعية، إلا أن مشاركة غير الباحثين في تلك العمليات التنبؤية قد تؤثر سلبا على تحقيق هذه الغايات. وقد قامت الدراسة بتحليل مشروعين اثنين لاستشراف المستقبل: الأول كان يهدف لصياغة رؤي مستقبلية للسياسات الهولندية تجاه الطبيعة، والثاني كان يستهدف

صياغة مسارات مستقبلية لكيفية التعامل مع التنمية العمرانية المستدامة في هولندا (Kunseler, Eva-Maria; Tuinstra, Willemijn; Vasileiadou, Eleftheria; & Petersen, Arthur, 2015, pp. 1-9). وخلصت الدراسة إلى النتائج التالية:

- إن مشاركة غير الباحثين مع الباحثين في استشراف المستقبل يعقد من عملية الوصول إلى معلومات مستقبلية تتصف بالتميز والمصداقية والشرعية.
- ضرورة المزج بين استخدام المداخل الكيفية والمداخل الكمية عن التنبؤ بالمستقبل.

وأوصت الدراسة بالتوصيات التالية:

- ضرورة قيام الباحثين في علم المستقبلات بدراسة التحولات السياسية والاجتماعية وفقا لمنظور استراتيجي أكثر عمقا.
- ضرورة ممارسة الباحثين في علم المستقبلات للتأمل وفقاً لمناظير معرفية متعددة تراعى التوازن بين الأساليب الكمية الهادفة إلى صياغة السياسات وبين الأساليب البرجماتية التكتيكية من خلال استخدام منظور فلسفي يتجاوز المدى القصير والأبعاد العملية (Meta-paradigmatic Perspective) .
- ضرورة تجاوز علماء المستقبلات لأوجه القصور في الفلسفة الوضعية/المنطقية وفي الفلسفة التركيبية عند صياغة سياسات تتنبأ بالمستقبل.
- ضرورة استخدام فلسفات معرفية تقوم على توظيف التخصصات البينية (Kunseler, Eva-Maria; Tuinstra, Willemijn; Vasileiadou, Eleftheria; & Petersen, Arthur, 2015, pp. 9-11).

٧) **دراسة بينجستون دافيد وأولسون روبرت (٢٠١٥) بعنوان "لجان التنبؤ المستقبلي الإلكتروني غير المتزامن: دراسة حالة لإدارة حرائق الغابات"**: واستهدفت الدراسة تحليل فاعلية لجان التنبؤ المستقبلي الإلكتروني في استشراف المستقبل. وتقوم هذه الأداة على جمع مجموعة من الخبراء، وطرح مجموعة من الأسئلة عليهم بصورة جماعية عن مستقبل موضوع ما يتصل بخبراتهم الأكاديمية، والقيام بمناقشات مستفيضة حول احتمالات حدوث بعض التطورات المستقبلية، وإجراء عصف ذهني حول السياسات المثلي الواجب تبنيها للتغلب على السلبيات المحتملة لهذه التطورات. وتتشابه هذه الأداة مع أسلوب دلفي، إلا أنها تختلف عن أسلوب في دلفي في معرفة الخبراء لبعضهم البعض. وخلصت الدراسة إلى النتائج التالية:

- يستطيع الخبراء في لجانِ التنبؤ المستقبلي الإلكتروني غير المتزامن الانضمام إلى المناقشات في أي وقت بدلا من الجلوس جميعا في وقت واحد؛ الأمر الذي يجعل مشاركتهم أكثر تلاؤما لظروفهم وأسهل وبهذا يمكن مشاركة أكبر عدد ممكن من الخبراء الأكثر خبرة وانشغالا في المناقشات.
- يتاح للخبراء وقت كاف للتأمل في آرائهم وآراء الآخرين قبل أن يعبروا عن رأيهم بصورة مكتوبة.
- انخفاض تكلفة الحوار الإلكتروني.

واختتمت الدراسة بالتوصيات التالية (David, Bengston; & Olson, Robert L., 2015, pp. 1-8) :

- زيادة عدد المختصين بالدراسات المستقبلية عن عدد الخبراء في التخصص موضوع الدراسة يؤدى إلى إثراء المناقشات، وتقديم وجهات نظر غير تقليدية، وطرح حلول من خارج الصندوق.
- يحتاج المختصون بالدراسات المستقبلية إلى الخبراءِ في التخصص الأكاديمي لكي تكون استشرافات علماء المستقبلات أكثر انضباطا، وأعمق، وأكثر تركيزا على النواحي المعرفية المطلوب تحليلها.

- إن الإدارة الفعالة للمناقشات ضرورة لنجاح أداة لجان التنبؤ المستقبلي الإلكتروني غير المتزامن. ولهذا يجب أن يتصف من يدير هذه المناقشات بتوضيح قواعد النقاش، وتوقيتات طرح الأسئلة، وآليات مناقشة قضايا جديدة تتصل بالقضية الأصلية للمناقشة، والقدرة على حصر المناقشة ضمن الإطار الأكاديمي، والمهارة في إلزام الخبراء بعدم الخروج عن موضوع المناقشات، وكفايات تلخيص ما تم مناقشته، والتمكن من تحديد نقاط الاختلاف والاتفاق بين الخبراء (David, Bengston; & Olson, Robert L., 2015, pp. 8-9).

٨) **دراسة عناية الله سهيل (٢٠١٣) بعنوان "استخدام نظرية الألعاب لفهم أنماط المستقبل: استخدام لعبة ساركار بصورة تطبيقية"**: واستهدفت الدراسة تسهيل فهم الأفراد للواقع الاجتماعي بصفة عامة ولعملية استشراف المستقبل بصفة خاصة من خلال تطبيق نظرية الألعاب. وقام الباحث بتوظيف عدد من الألعاب التي يتم فيها لعبٍ الأدوار لتيسير إدراكٍ وجود طرق متعددة للوصول إلى المعرفة. وبالتالي، يكتسب الأفراد فهما أكثر عمقا وتقديرا أكبر للمستقبلات البديلة. وقد استخدمت الدراسة 'لعبة ساركار' (Sarkar Game) لجعل المشاركين في الدراسة يكتسبون فهماً أعمق للأبعاد الزمنية للمستقبل، كما استخدمت التحليل المتعدد الطبقات السببي لجعل الأفراد يكتسبون تقديراً أفضل للصور المختلفة من الابتهالات والنظم ورؤية العالم والتخيل، ووظفت الدراسة أيضا التمثيليات الدرامية ومثلث المستقبلات لفهم أبعاد المستقبل، وملامح الحاضر، وتأثيرات الماضي. وتوصلت الدراسة إلى النتائج التالية:

- تفيد نظرية الألعاب في فهم الماضي والحاضر والمستقبل بصورة أكثر عمقاً.
- تفيد نظرية الألعاب في فهم التراتبية الهرمية للمؤسسات المجتمعية.

وأوصت الدراسة بتنفيذ عدد من التوصيات. ومن أهم هذه التوصيات ما يلي:

- استخدام لعبة ساركار في تحديد نقاط القوة والضعف في المؤسسات، وفي فهم ديناميات السلطة في المؤسسات.
- استخدام التحليل المتعدد الطبقات السلبي في صياغة تأملات أعمق وتصورات أحدث تتناسب مع الرؤي المستقبلية المعيارية المستهدفة.
- البحث عن تأويلات جديدة للواقع (Inayatullah, Sohail, 2013, pp. 1-10).

٩) **دراسة راموس خوسية ومانسفيلد تيم وبريداي جاريث (٢٠١٢) بعنوان "استشراف المستقبل في عصر الشبكات: الخبراء وصياغة مستقبلات بديلة"**: واستهدفت الدراسة تحليل التأثيراتٍ المحتملة للابتكارات الجديدة والتكنولوجيا الواعدة المتصلة بالإنترنت. وحللت الدراسة عددا من المداخل الجديدة لإجراء البحوث المستقبلية. وتناولت الدراسة مفهوم المستقبلات التشاركية (Participatory Futures) ، ومفهوم عصر الشبكات، ومفهوم الديمقراطية الاستشرافية (Anticipatory Democracy) في القرن الحادي والعشرين وكيفية الاستفادة من هذه المفاهيم عند إجراء الدراسات المستقبلية. وخلصت الدراسة إلى النتائج التالية:

- إن هناك توجه نحو مزيد من الشفافية والانفتاح في بحوث المستقبلات بحيث تتاح الفرصة للجماهير لمتابعة المشروعات البحثية المتصلة باستشراف المستقبل والتنبؤ به.
- يبشر عصر الشبكات بتحولات جذرية غير مسبوقة في السيطرة على حقوق الملكية الفكرية. ومن أمثلة هذه التحولات: بذل جهود أكبر في تجميع المعلومات بصورة جماعية، والقيام بالتنبؤات الجماعية.

- سوف تشهد العقود القادمة تأسيس منصات عالمية للتنبؤ بالمستقبل؛ بحيث تقوم هذه المنصات الدولية على تبادل المعلومات على مستوي كوكب الأرض.

وأوصت الدراسة بتطبيق التوصيات التالية:

- تشجيع الديمقراطية الاستشرافية من خلال مشاركة أعداد أكبر من الأفراد في تحليل المستقبل، وفهمه، وتشكيله.
- ضرورة الاستفادة من شبكة الإنترنت ووسائط التواصل الاجتماعي في تأسيس منصات جديدة لصياغة مستقبلات بديلة.
- ابتكار منصات تكنولوجية/اجتماعية أحدث تعيد هيكلة الديمقراطية الاستشرافية بصورة جذرية.
- إجراء مزيد الأبحاث حول الذكاء الجمعي وحكمة الجماهير وكيفية الاستفادة منهما في التنبؤ بالمستقبل.
- إجراء مزيد من الأبحاث حول كيفية جعل الدراسات التنبؤية أكثر شفافية، وحول آليات اتاحتها لأعداد أكبر من المواطنين

(Ramos, Jose; Mansfield, Tim; & Priday, Gareth, 2012, pp. 71-87).

١٠) **دراسة هيلتونين إلينا (٢٠١١) بعنوان "التعهيد الجماعي للمستقبل: العمليات التنبؤية في اتحاد التجارة الخارجية الفنلندية ومجلس الصادرات الفنلندي"**: واستهدفت الدراسة تحليل العمليات التي تستخدمها الشركات والمؤسسات للتنبؤ بالمستقبل. وأشارت الدراسة إلى أن العمليات التنبؤية هي أكثر أهمية من مخرجات التنبؤ بالمستقبل. وتناولت الدراسة الصعوبات المتصلة بالتنبؤ بالمستقبل على مستوى الشركات والمؤسسات. وقامت الدراسة بتحليل الأنشطة التنبؤية التي يستخدمها اتحاد التجارة الفنلندية ومجلس الصادرات الفنلندي. ويضم هذا الاتحاد ٣٧٥ خبيرا يعملون في ٤٠ مركزا مهنيا موزعين على ٥٣ دولة. وخلصت الدراسة إلى النتائج التالية:

- تلجأ بعض الشركات إلى التنبؤ المستقبلي منخفض الجودة قبل الاجتماعات المهمة بفترة قصيرة.
- تزداد قيمة التنبؤ المستقبلي كلما زاد عدد الأفراد المشاركين فيه.

وأوصت الدراسة بتنفيذ التوصيات التالية:

- استخدام أكثر من أداة في التنبؤ بالمستقبل.
- ضرورة نشر المعلومات المتصلة باستشراف المستقبل في جميع المستويات الإدارية بالمنظمة وبحيث يتم تبادلها مع كافة المستفيدين من العمليات التنبؤية.
- ضرورة استخدام التغذية الراجعة لتحسين دقة التنبؤات المستقبلية.
- ضرورة توظيف العمليات التنبؤية في صياغة الاستراتيجيات، وتنفيذ الأنشطة الابتكارية، وتحدى الاتجاهات العقلية السائدة (Hiltunen, Elina, 2011, pp. 189-194).

تعليق على الدراسات السابقة

تناولت غالبية الدراسات السابقة أداة واحدة أو أداتين فقط لإجراء الدراسات المستقبلية؛ فعل سبيل المثال تناولت دراسة زاهر، ضياء الدين (٢٠٠٢) أسلوب دلفي فقط، كما تناولت دراسة توفيق، صلاح الدين محمد أداة المحاكاة. وركزت دراسة الحوت، محمد صبري (١٩٨٦) على تناول ثلاثة مداخل للتخطيط التربوي، وعلى تحليل نموذج رياضي لكل مدخل تخطيطي. ويتميز البحث الراهن باستعراضه لاثنين وعشرين أداة من أدوات التنبؤ المستقبلي، كما إن غالبية هذه الأدوات التنبؤية لم يسبق أن تم تناولها من قبل باللغة العربية. وقد قام البحث

الراهن بتحليل أحدث الدراسات المنشورة في أفضل الدوريات المتصلة بالدراسات المستقبلية. وقد استفاد البحث الراهن من آراء عناية الله سهيل في فهم فلسفة التنبؤ بالمستقبل ومحاذيرها.

ويعد عناية الله سهيل واحداً من أشهر المتخصصين على مستوى العالم في مجال الدراسات المستقبلية. كما استفاد البحث الراهن من بقية الدراسات الأجنبية في إدراك أهمية المزج بين الأدوات الكمية والكيفية عند التنبؤ بالمستقبل، واستخدام أكثر من أداة للتنبؤ بالمستقبل، وتبني منظور فلسفي يتجاوز الأبعاد الآنية قصيرة المدى.

الأسباب وراء اختيار النماذج التنبؤية كموضوع للبحث

١) مساعدة صانعي السياسات ومتخذي القرار على اتخاذ قرارات أكثر رشادة وفعالية.

٢) قلة عدد الدراسات المنشورة باللغة العربية في هذا المجال.

٣) تبصير الباحثين في مجال العلوم الإنسانية بوجود أدوات عديدة غير تقليدية للتنبؤ بالمستقبل.

٤) "تقديم نماذج متنوعة تصلح للتنبؤ بالمستقبلات البديلة، وتساعد على استبدال الرؤي التقليدية السائدة للعالم (Prevalent Traditional Worldviews) والأنماط المعرفية العتيقة" (Motti, Victor Vahidi ; & Masoumi, Mahestan, 2016, pp. 88).

٥) "الفائدة الكبيرة للنماذج التنبؤية في التقويم المسبق لفاعلية السياسات الاجتماعية والاقتصادية، وفي جعل هذا التقويم أكثر واقعية وأكثر مراعاة للطبيعة الكيفية للتغيرات المستقبلية" (Havas, Attila; Schartinger, Doris; & Weber, Matthias, 2010, p. 103).

٦) مواكبة الدول المتقدمة مثل الولايات المتحدة الأمريكية وفرنسا واليابان وكوريا الجنوبية والصين في الاستفادة من النماذج التنبؤية في التخطيط التكنولوجي والاقتصادي. فعلي سبيل المثال أجرت اليابان ٨ دورات من دراسات أسلوب دلفي للتنبؤ بمستقبل التكنولوجيا، كما أجرت كوريا الجنوبية والصين ٣ دورات ودورة واحد من نفس الأسلوب على الترتيب. حيث تسعي الدول الآسيوية الصناعية إلى التنبؤ بمستقبل الابتكارات التكنولوجية على المستويين الكوكبي والقاري (Johnston, R., 2008, p. 21).

٧) مجاراة الدول الاسكندنافية مثل النرويج والسويد وفنلندا والدانمارك في استخدام النماذج التنبؤية في استشراف الاتجاهات السياسية والاقتصادية والسكانية الكبرى (Megatrends) والتنبؤ بتأثيراتها المستقبلية على جودة الحياة وأنماط التوظيف (Andersen, P. D.; Dahl Andersen, A.; Jensen, P. A.; & Rasmussen, B., 2014, pp. 33-40).

أولاً: أسلوب دلفي (Delphi Method)

شهدت نهاية الأربعينيات وبداية الخمسينيات من القرن العشرين البدء في استخدام أسلوب دلفي من قبل الباحثين في "مؤسسة راند" (RAND Corporation) لاستخلاص آراء الخبراء بطريقة علمية. ومنذ ذلك الوقت زاد عدد الدراسات المنشورة التي تشير إلى عمق آراء الجماعة مقارنة بآراء الفرد. وقد تم استخدام أسلوب دلفي في بادئ الأمر من قبل الباحثين العسكريين، ثم تم نشر معلومات عن هذا الأسلوب بعد مرور ١٢ عاما. وقد كانت مؤسسة راند أول من اقترح الاستفادة من أسلوب دلفي في التخطيط لتنمية اقتصاديات الدول النامية. وبعد رفع الحظر العسكري عن المستندات المتعلقة بأسلوب دلفي، انتشر استخدام أسلوب دلفي في العديد من دول العالم، وتم استخدامه منذ الستينيات من القرن العشرين في التنبؤ بالتطورات التكنولوجية وفي تقويم المشكلات الاجتماعية المعقدة (Landeta, Jon, 2006, p. 468).

وقد نظر الباحثون إلى أسلوب دلفي باعتباره أداة للحصول على إجماع الخبراء بصورة أكثر صدقا وثباتا من خلال إرسال سلسلة من الاستبيانات مصحوبة بآراء وتعليقات زملائهم حول موضوع الدراسة (Landeta, Jon, 2006, p. 468). وقد صمم "كين وتروكيم" (Kane & Trochim) أداة سمياها "صياغة تصور للمفاهيم" (Concept Mapping) ومزجاها بأسلوب سياسات دلفي (Policy Delphi) . ويقوم هذا الشكل الجديد على أ) دمج معارف وقيم وخبرات مجموعة من الأفراد يمثلون مجالات وتخصصات مختلفة. ب) تعميق التعلم الاجتماعي. ج) تحدي نقاط اتفاق واختلاف الخبراء. د) تقليل احتمالات كبت الآراء المختلفة أثناء التشاور. وأطلق "كين وتروكيم" على هذه الأداة الجديدة "صياغة تصور لمفاهيم سياسات دلفي (The Concept Mapping Policy Delphi)".

وقد تم ابتكار " صياغة تصور لمفاهيم سياسات دلفي" للتغلب على عيوب أسلوب دلفي مثل: هيمنة بعض الباحثين على المناقشات، وصمت أو كبت بعض الباحثين نتيجة لعدم ثقتهم بأنفسهم، والاستقطاب الحاد حول بعض القضايا الشائكة، والوصول إلى رأي جماعي بصورة مبكرة (Klenk, Nicole L.; & Hickey, Gordon M., 2011, p. 153).

ثانياً: التنبؤ من خلال الدراسة المستعرضة/المقطعية (Cross-sectional Forecasting)

ويشمل التنبؤ من خلال الدراسة المستعرضة/المقطعية ثلاث أدوات رئيسة هي: النماذج السببية، وحكمة الخبراء بدون الاعتماد على عوامل خارجية، وحكم الخبراء المقنن.

أ) الدراسة المستعرضة/المقطعية من خلال النماذج السببية للتنبؤ

ويتطلب استخدام هذه النماذج السببية للتنبؤ (Casual Models) تحديد المتغيرات التابعة والمتغيرات المستقلة (السببية)، ثم تقدير اتجاه وحجم العلاقات بينهما. ويحتاج الاستخدام الفعال لهذه النماذج السببية وجود حجم كبير من البيانات المتنوعة، واستقلال مكونات المتغير السببي عن بعضها البعض. ويمكن استخدام النماذج السببية في التنبؤ بنجاح المرشحين لشغل وظيفة معينة بناء على البيانات المتصلة بنجاح الشاغلين السابقين لهذه الوظيفة، وبناء على نجاح هؤلاء المرشحين في أداء وظائفهم القديمة. وينجح استخدام النماذج التنبؤية عندما تكون التباينات في المتغيرات السببية كبيرة ومستقلة عن بعضها البعض.

"وتظهر الأبحاث أن النماذج السببية تقلل الأخطاء بدرجة تفوق مساهمة أحكام الخبراء التي لا تعتمد على نماذج إحصائية. وقد خلصت دراسة أجراها "جروف وزملاؤه" (Grove et al.) أن النماذج السببية المبنية على تحليل الانحدار تقلل الأخطاء التنبؤية بنسبة ١٠٪. وأشارت دراسة "جروف وزملاؤه" التحليلية إلى تفوق النماذج السببية في التنبؤ بالسلوك الإنساني والصحة البشرية. وقد شهدت الفترة منذ ستينيات القرن العشرين حتى الآن زيادة كبيرة في استخدام النماذج السببية في الدراسات البحثية في مختلف المجالات (Grove, William M., 2005, pp. 1236-1242) .

وقد كان تحديد العوامل التي تجعل أحكام الخبراء غير المعتمدة على النماذج الإحصائية أكثر دقة من النماذج السببية واحدا من أهم إنجازات الدراسات الاقتصادية الرياضية والدراسات المستقبلية. ويوجد عدد قليل من الدراسات التي خلصت إلى تفوق أحكام الخبراء غير المعتمدة على النماذج الإحصائية على النماذج السببية من حيث مستوى الدقة وغزارة المعلومات.

"وقد خلص "ماجنية يورجينسين" (Magne Jorgensen) إلى أن النماذج السببية أقل دقة من أحكام الخبراء غير المعتمدة على النماذج الإحصائية عند التنبؤ بالجهد اللازم لأداء مهام تطوير برامج الحاسب الآلي. وقد أرجع "ماجنية يورجينسين" تفوق أحكام الخبراء إلى عدة أسباب مثل:
١) امتلاك الخبراء لمعلومات أغزر، وتمتعهم بقدر أكبر من المرونة في توظيف هذه المعلومات.

٢) يصعب بناء نماذج سببية دقيقة للتنبؤ بمقدار الوقت اللازم لتصميم وتطوير برامج الحاسب الآلي" (Jorgensen, Magne, 2007, p. 14). وعلى هذا، فنحن نحتاج إلى دمج نتائج الدراسات المتصلة بأحكام الخبراء مع تجارب ذات تصميم تجريبي صارم لاكتشاف المزيد من المعارف عن الأحكام المبنية على الحدس، وعن الأحكام التلقائية للخبراء،وعن كيفية تجنب التحيزات. وعموماً فإن النماذج السببية الإحصائية تقدم لنا تنبؤات تتصف بقدر أقل من التحيزات، وبقلة الإفراط في التفاؤل، وتعتمد على قدر من المعلومات يقل عما هو موجود في حالة الاعتماد فقط على آراء الخبراء. وهناك حاجة لإجراء مزيد من البحوث حول كيفية زيادة درجة قبول الباحثين للنماذج السببية.

" وهناك عيبان اثنان يؤثران على استنتاجاتنا من النماذج السببية. والعيب الأول هو احتمال خطأ النموذج السببي، وكونه لا يمثل بدقة العناصر المكونة له. ومن الأمثلة على ذلك إذا تم تجاهل أحد مكونات العوامل المستقلة ولم يتم دمجها في معادلة النموذج السببي. وبالتالي يصبح النموذج السببي ذا تكوين خاطئ. وإذا سلمنا بأن مستوى التعليم الذي وصل إليه الفرد يعد سبباً لارتفاع الدخل ثم لم يتم وضع مستوى التعليم كأحد متغيرات النموذج السببي، فإن هذا النموذج الإحصائي يعد ذا بنية خاطئة. وهناك قضايا فلسفية أعمق مثل فكرة أن وجود نموذج إحصائي صحيح هو فكرة خاطئة من الأساس. ويشير "دانكان" (Duncan) إلى صعوبة ثبات النماذج الإحصائية. فوجود علاقة صادقة وثابتة بين العوامل الاقتصادية والعوامل الإحصائية الموجودة في النموذج السببي هو أمر مرغوب فيه لتقليل إمكانية التأثيرات غير الواضحة وغير المتسقة للتحليلات" (Berk, Richard, 2012, pp. 6-7).

والعيب الثاني هو عدم التقدير الدقيق لقيمة كل معامل في معادلة تحليل الانحدار. وحيث أن الحساب الدقيق لأي معامل انحدار يعتمد على دمج جميع المتغيرات المستقلة والأخطاء يصعب أحياناً قياس قيمة تحليل الانحدار. وفي ظل وجود مجموعة مختلفة من المتغيرات المستقلة- أو تحويل غير خطي لأي متغير مستقل-يتغير التعبير الرياضي عن كل معامل من معاملات الانحدار. وهكذا إذا اتصفت بنية النموذج الإحصائي بالخطأ، تتصف معاملات الانحدار هي الأخرى بالخطأ (Berk, Richard, 2012, p. 7).

وعلى الرغم من الإنجازات الكبيرة للنماذج السببية وإسهاماتها في الاستدلال السببي، إلا أن لها عدة عيوب. وما تزال هناك فجوة بين أنواع النماذج السببية وبين مستوى التفسير السببي والاستدلالي المقبول من قبل الإحصائيين وعلماء الاقتصاد. ولهذا لجأ الباحثون إلى أداة أخرى هي الدراسة المستعرضة/المقطعية من خلال حكمة الجماهير بدون الاعتماد على عوامل خارجية.

ب) الدراسة المستعرضة/المقطعية من خلال حكمة الخبراء بدون الاعتماد على عوامل خارجية

ويلجأ الباحثون إلى أداة "حكمة الخبراء بدون الاعتماد على عوامل خارجية" (Judgmental Bootstrapping) في حالة عدم وجود متغيرات سببية إما بسبب نقص البيانات المفيدة حول المتغير المستقل أو بسبب النقص في تنوع مكونات المتغير المستقل. وتقوم هذه الأداة على بناء نموذج رياضي بواسطة أحد الخبراء من خلال حساب معاملات انحدار تنبؤاته في مقابل المعلومات التي استخدمها. ومن ناحية يبدو للوهلة الأولي أن الافتراض العام مناف للعقل؛ فمن غير المنطقي أن يكون النموذج الذي صممه الفرد أكثر دقة من الفرد نفسه. ومن الناحية الأخرى فإن فيه شيء من المنطق؛ فالنموذج يطبق قواعد الباحث بدرجة من الاتساق تفوق قدرة الباحث نفسه.

"وتستخدم أداة حكمة الخبراء بدون الاعتماد على عوامل خارجية تنبؤات أحد الخبراء كمتغير تابع، وتستخدم الإشارات التي وظفها الخبير كمتغيرات مستقلة/سببية. ويتم حساب

قيمة النموذج الرياضي من خلال تحليل الانحدار بطريقة المربعات الصغرى. وتشبه "أداة حكمة الخبراء بدون الاعتماد على عوامل خارجية" نماذج الاقتصاد الرياضي في جميع الخصائص إلا خاصية واحدة؛ وهي أن قيمة "ص" تمثل تنبؤات الخبير بدلاً من النواتج الفعلية. وعلى سبيل المثال يستطيع الباحث إعطاء الطبيب بيانات عن ٥٠ مريضا، ثم يطلب من الطبيب أن يشخص أمراض هؤلاء المرضي وأن يتنبأ بنواتج العلاجات المختلفة. وبعد ذلك يتم حساب تحليل الانحدار للبيانات المتصلة بالعوامل التفسيرية في مقابل تنبؤات الطبيب. وتعتمد قواعد هذه الأداة على رأى الخبير، وعلى الإجراءات المقبولة في العلوم الاجتماعية وعلم الاقتصاد الرياضي " (Armstrong, J. Scott, 2001, pp. 2-3).

ويفضل الباحثون استخدام أداة "حكمة الخبراء بدون الاعتماد على عوامل خارجية" في عدة حالات مثل:

١) عندما تكون المشكلة معقدة.
٢) عندما يمكن الحصول على تقديرات صادقة وثابتة من خلال استخدام هذه الأداة.
٣) عندما يتم استخدام علاقات ثابتة.
٤) عندما يكون البديل هو استخدام خبراء قليلي الخبرة. ومن عيوب هذه الأداة قلة استخدامها في الماضي مع السلاسل الزمنية. ومن العيوب الأخرى لها عدم دقة نتائجها عند حدوث تغييرات كبيرة ومفاجئة. وللتغلب على هذه العيوب يجب استخدام هذه الأداة مع أدوات علم الاقتصاد الرياضي الأخرى (Armstrong, J. Scott, 2001, pp. 9-14).

ومما سبق يتضح أن أداة "حكمة الخبراء بدون الاعتماد على عوامل خارجية" تفيد بشدة في التنبؤ بالقضايا المتكررة والمعقدة، والقضايا التي لا يوجد بها بيانات عن المتغير التابع، والقضايا التي لا تتنوع البيانات المتوافرة والمتصلة بالمتغير المستقل بدرجة تكفي للسماح بحساب قيمة معاملات تحليل الانحدار. ويفضل توفير كتيب عن كيفية استخدام هذه الأداة من خلال الحاسب الآلي، وصياغة معايير دقيقة لاختيار الخبراء الذين يتم استطلاع آرائهم، وتحديد خطوات جمع البيانات، وتحديد نموذج موحد لكتابة التقرير النهائي لتنبؤات الخبراء.

ت) الدراسة المستعرضة/المقطعية من خلال حكم الخبراء المقنن

ويمكن تنظيم أحكام الخبراء بعدة طرق. وتتضمن هذه الطرق: تقديم قوائم الاختيار للخبراء، واستخدام التغذية الراجعة الدورية الموجزة عن دقة تنبؤات الخبراء، ومساعدة الخبراء على التركيز على المعلومات وثيقة الصلة بالموضوع، ومطالبة الخبراء بتبرير تنبؤاتهم، واستخدام الخبراء المستقلين من تخصصات مختلفة، وتحليل المشكلات، وتوظيف الحدس المهني البسيط (Heuristics). وعلى الرغم من وجود دراسات كثيرة في علم الإدارة عن أهمية الحدس في التنبؤ بالمستقبل، إلا أن هناك قدر لا بأس به من الدراسات المتراكمة خلال الربع قرن الأخير من القرن العشرين يؤكد على تمتع حكم الخبراء المقنن (Structured Judgment) بقدر أكبر من الدقة يفوق حكم الخبراء غير المقنن.

"ويتطلب نجاح حكم الخبراء المقنن في التنبؤ بالمستقبل حسن اختيار هؤلاء الخبراء، ووضع معايير دقيقة لاختيار أفضل الخبراء" (Verma, Aayushi; Karan, Aishwarya; Mathur, Aaroh; & Chethan, S., 2017, p.3102).

ويطلق على النموذج الكلاسيكي لحكم الخبراء المقنن اسم "أسلوب كوك" (Cooke Method). ويسمح حكم الخبراء المقنن للمحللين باستخدام آراء الخبراء المتميزين للتغلب على الفجوات في البيانات المتاحة لفهم فاعلية بديل معين أو مجموعة من البدائل بصورة أعمق. ومن خلال استطلاع الآراء المختلفة للخبراء، ودمج هذه الآراء معا يمكننا الوصول إلى إجماع عقلاني والتغلب على النقاط الغامضة، وتقدير المؤشرات المجهولة بصورة كمية. وقد استخدم الباحثون في مجالات الهندسة والمخاطر البيئية هذه الأداة لتقدير قيمة المعاملات المجهولة بصورة كمية عند عدم توافر بعض البيانات. كما استخدمها الأطباء الباحثون في التنبؤ

بالمعدلات طويلة المدى للإعاقة ومعدلات الوفيات عند استخدام الأنواع المختلفة من الأدوية. ومن مزايا هذه الأداة إمكانية استخدامها في حالة نقص بعض البيانات، أو في حالة صعوبة جمع هذه البيانات، أو ارتفاع تكلفة هذا الجمع. وتمثل هذه الأداة فرصة واعدة لتقدير معدلات نجاح البروتوكولات العلاجية على المدي البعيد عندما يصعب تتبع النتائج العلاجية على المدى الطويل (Abigail, R. Colson; Adhikari, Sweta; Sleemi, Ambereen; Laxminarayan, Ramanan, 2017, pp. 1-6).

ثالثاً: السلاسل الزمنية

يوجد نوعان من التقنيات الرئيسة للسلاسل الزمنية التنبؤية الكلاسيكية. وهذا النوعان هما: أساليب التنبؤ الكلاسيكي بالتباينات غير الدورية غير المنتظمة (Classic Nonseasonal Forecasting Methods) ، وأساليب التنبؤ الكلاسيكي بالتباينات الدورية المنتظمة (Classic Seasonal Forecasting Methods). وتهدف أساليب التنبؤ الكلاسيكي بالتباينات غير الدورية غير المنتظمة إلى التنبؤ بالاتجاه من خلال حذف البيانات المتطرفة وتقليل عشوائية البيانات، في حين تهدف أساليب التنبؤ الكلاسيكي بالتباينات الدورية المنتظمة إلى دمج البيانات التنبؤية مع تعديل السلوك الدوري المنتظم (Orade Corporation, n.d., p. 1).

ومن بين أهم تقنيات السلاسل الزمنية: التنبؤ باستخدام السلاسل الزمنية من خلال النماذج السببية، والتنبؤ باستخدام السلاسل الزمنية من خلال الاتجاه المعتدل.

أ) التنبؤ باستخدام السلاسل الزمنية من خلال النماذج السببية

وتتفوق النماذج السببية (Casual Models) على النماذج الإسقاطية (Extrapolative Models) عند التنبؤ بالمستقبل على المدي المتوسط والمدي البعيد. ونظرا لأن النماذج السببية تتضمن عددا من المتغيرات فإنها تفيد في التنبؤ بتأثيرات القرارات الحكومية وقرارات المؤسسات الكبرى. وتتصف تنبؤات النماذج السببية بالدقة عند توافر قدر كاف من المعلومات، ومن البيانات الدقيقة، ووجود تأثير قوي للمتغير المستقل على المتغير التابع. وتستطيع الحكومة الاستفادة من النماذج السببية في استشراف تأثير الارتفاع الضخم في الأسعار على معدلات التسرب من التعليم أو على معدلات عمالة الأطفال.

وتهدف هذه النماذج السببية إلى تحليل أحد الظواهر بعمق لفهم الأسباب التي تقف وراء حدوثها، وللتنبؤ بتأثيرات مكونات هذه الظاهرة على عامل أو عوامل معينة. "وهناك عدة خطوات لبناء نموذج سببي تنبؤي. وهذه الخطوات هي:

١) تحديد أهداف النموذج السببي. ولا يوجد نموذج سببي واحد يصلح لدراسة جميع القضايا. ولهذا يشير علماء الاقتصاد الرياضي إلى أن المعادلة التي تفسر تأثير التغييرات في مجموعة من المتغيرات على مبيعات أحد الشركات، تصلح أيضا لفهم القوي الاقتصادية التي تؤثر على بعض جوانب اقتصاد الدولة. ولم يتم التحكم في المتغيرات السببية، وما لم تتسم بقدر من السهولة في التنبؤ بها فلن تفيد في التنبؤ بالمستقبل.
٢) تحديد مجموعة من المتغيرات التي يجب استخدامها بناء على النظرية الاقتصادية المناسبة والأدبيات والدراسات السابقة. ويفضل ألا يزيد عدد المتغيرات في النموذج السببي عن ٦ متغيرات.
٣) جمع البيانات. ويجب أن يوظف الباحث على قدر الإمكان جميع البيانات التي قام بجمعها. وتستدعي الظروف الخاصة مثل الحروب والتغييرات الجذرية في القوانين والكوارث الطبيعية وضع أوزان أكبر لبعض المتغيرات في النموذج أو لبعض الفترات الزمنية، ووضع أوزان أقل لفترات زمنية أخرى. ويجب ألا يرتبط حجم الأوزان بضعف المجهود في جمع البيانات. وفي حالة وجود تعريفات مختلفة للمتغيرات الواحد، يجب على الباحث أن يختار

أكثر التعريفات دقة من وجهة نظره، وأكثرها تحقيقاً لأهداف البحث (Allen, Geoffrey; & Fildes, Robert, 2001, p. 3).

٤) كتابة صيغة مبدئية للنموذج السببي الرياضي. وهنا يجب على الباحث أن يكتب معادلة مكونة من عدد من اللوغاريتمات التي تحسب الانحدار بصورة آلية. ويقترح بعض علماء الإحصاء استخدام "نموذج مصفوفة الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك" (Vector Moving Average Model). ويمكن استخدام معادلة الانحدار الذاتي بناء على القيم الحالية والقيم السابقة للمتغير التفسيري للتنبؤ بالمتغير التابع أو استخدام "نموذج مصفوفة الانحدار الذاتي" (Vector Autoregression Model). ويحتاج التنبؤ طويل المدي إلى استخدام أكثر من معادلة رياضية. ويكون المتغير التابع في كل معادلة عبارة عن دالة للقيم السابقة ولجميع المتغيرات الأخرى. وفي حالة وجود نموذج رياضي يتكون من ٦ متغيرات وله قيم سابقة حتى الترتيب السابع فلابد من صياغة ٤٢ معلما (Parameters) بالإضافة إلى ثابت واحد في كل معادلة؛ الأمر الذي يؤدى في النهاية إلى وجود ٢٥٢ معلما. ويتطلب تطبيق اختبارات التحقق من صحة الفروض أو "اختبارات تحليل قيمة الأخطاء في التباين" (Variance Decomposition) وجود ٢١ قيمة من قيم التباين (Variance) والتغاير (Covariance) " (Allen, Geoffrey; & Fildes, Robert, 2001, pp. 3-4).

٥) حساب القيم الناتجة عن استخدام النموذج السببي. وهناك مزايا عديدة لاستخدام تحليل الانحدار بطريقة المربعات الصغرى/الدنيا. وعندما توجد مجموعات مختلفة من المتغيرات في كل معادلة مثلما هو الحال في "مصفوفة الانحدار الذاتي المقيدة" (Restricted Vector Autoregression)، فإن صيغة الانحدارات غير المترابطة لطريقة المربعات الصغرى/الدنيا أو أدوات الاحتمالات القصوى (Maximum-Likelihood Methods) يمكن تبرير استخدامها من الناحية النظرية فقط وليس العملية.

٦) تقدير درجة دقة النموذج السببي باستخدام اختبارات تقدير الخطأ (Misspecification Tests). ويعد استخدام اختبارات تقدير الخطأ هو الفارق الرئيسي بين المدخل الاقتصادي الرياضي الحديث للسلاسل الزمنية وبين المدخل الاقتصادي الرياضي الكلاسيكي. وتحدد اختبارات تحديد الخطأ الأخطاء الفنية في هذا النموذج السببي، ومدى فائدة النموذج، وإمكانية زيادة درجة دقته (Allen, Geoffrey; & Fildes, Robert, 2001, p. 4).

ب) التنبؤ باستخدام السلاسل الزمنية من خلال الاتجاه المعتدل (Damped Trend)

يعد الاتجاه المعتدل أداة قوية للتقريب الأسي (Exponential Smoothing). وهي أداة لا تبارى في دقتها في التنبؤات المستقبلية. "وقد أشار "فيلدز وزملاؤه" (Fildes et al.) عند تقويمهم لعدد من الدراسات في مجال بحوث العمليات إلى أن الاتجاه المعتدل هو أداة فائقة الامتياز للتنبؤ بالمستقبل لدرجة يصعب التغلب عليها. ومن بين المزايا المتعددة لاستخدام السلاسل الزمنية من خلال الاتجاه المعتدل مرونة هذه الأداة، وقابليتها للتكيف مع متغيرات السلاسل الزمنية عن طريق الاختيار من بين مجموعة متنوعة من الحالات الخاصة في أثناء إجراء توفيق اتجاه المنحنيات (Fitting).

ويمكن التعامل مع الحالات الخاصة عن طريق "نموذج معامل العشوائية لموقع الحالة" (Random Coefficient State Space). وإذا أراد الباحث استبعاد أي حالة من الحالات الخاصة، فيمكن تحقيق ذلك بسهولة من خلال تقليل عدد أو تقييد عمل المؤشرات في السلسة الزمني (Gardner, Jr., Everette S.; & McKenzie, Eddie, 2009, pp. 1-9).

وتفيد أداة الاتجاه المعدل في التنبؤ طويل المدي. وعلى العكس من " الاتجاه القائم على حاصل جمع القيم" (Additive Trend) ومن " الاتجاه القائم على حاصل ضرب القيم" (Multiplicative Trend) فإن الاتجاه المعدل لا يصل إلى المالانهاية (Infinity). وعلى هذا ينتهي استخدام الاتجاه المعدل بقيمة محددة (Crevits, Ruben ;& Croux, Christophe, 2016, pp. 1-4).

وقد استنتج "جاردينر وماكينزي" (Gardner & McKenzie) أن أداة الاتجاه المعدل هي أفضل أداة بالنسبة لحوالي ٨٤٪ من ٣٠٠٣ سلسلة من السلاسل الزمنية عند استخدام القيم المحلية المبدئية، كما كانت هي الأداة الأفضل بالنسبة لحوالي ٧٠٪ من هذه السلاسل الزمنية عند استخدام القيم العالمية المبدئية. وهي أداة قادرة على تحديد والتنبؤ بالاتجاهات الخطية والأسية على حد سواء. وتحتوى منهجية التنبؤ بالمستقبل من خلال استخدام الاتجاه المعتدل على ١١ أداة تنبؤية مختلفة. وهذا ما يجعل الاتجاه المعتدل أداة قوية ومدخل رصين للتنبؤ بالمستقبل عند استخدام البيانات قصيرة المدي. وترجع هذه القوة إلى اختيار المؤشرات بصورة آلية وفعالة (Li, Qinyun; Disney, Stephen M. ; & Gaalman, Gerard, 2014, pp. 3-6). كما طالب "جاردينر وماكينزي" بإجراء مزيد من البحوث حول الاستخدامات المختلفة لأداة الاتجاه المعتدل في التنبؤ، وبإجراء دراسات متعمقة حول كيفية تطبيقها في المجالات المتنوعة (Gardner, Jr., Everette S.; & McKenzie, Eddie, 2011, p. 1179-1180).

رابعاً: التنبؤ باستخدام البيانات المستعرضة/المقطعية

أ) التبعية السببية (Damped Causality)

أثبت "دانا وداود" (Dana & Dawes) باستخدام البيانات المستعرضة/المقطعية أن الاستفادة من المتغيرات التي تم تحويلها لانحرافات معيارية (Equal Weights) تكون كبيرة عندما العينات صغيرة العدد والقابلية للتنبؤ ضعيفة. وقد قارنت هذه الدراسة بين المتغيرات التي تم تحويلها لانحرافات معيارية وبين المتغيرات التي تم معالجتها بأداة تحليل الانحدار. وخلصت الدراسة إلى أن المدخل الأمثل هو الاستفادة من مزايا الانحراف المعياري وتحليل الانحدار. "وطالبت الدراسة بإجراء المزيد من البحوث حول الحجم الأمثل للعينة عند توظيف تحليل الانحدار في التنبؤ بالمستقبل" (Dana, Jason; & Dawes, Robyn M., 2004, pp. 317-329).

ويجب أن ترتبط التقديرات الحسابية لقيم التبعية السببية ببيانات السلاسل الزمنية حتى يتمكن الباحثون من التعامل مع الغموض المرتبط بالتنبؤ بالمتغيرات السببية. ويعني هذا تقليل قيمة المعاملات حتى نقترب من الصفر أو تقليل قيمة التنبؤات المتصلة بالتغيرات في العوامل السببية. " ومن أهم نماذج التبعية السببية "نموذج جرانجر" (Granger Causality Model). وقد تم استخدام نموذج جرانجر في العديد من النماذج الرياضية الاقتصادية، وبخاصة بعد حصول الاقتصادي "جرانجر" على جائزة نوبل في عام ٢٠٠٣. ويتمتع هذا النموذج بمزايا عديدة" (Zaremba, Anna ; Aste, Tomaso, 2014, pp. 2310-2344).

ب) التفاعل الذي تتم محاكاته (Simulated Interaction)

والتفاعل الذي تتم محاكاته صورة من صور لعب الأدوار يصف فيه الباحث الموقف المستهدف، وأدوار بطل الموقف، وقائمة بالقرارات المحتمل اتخاذها. ويتبني لاعبو الأدوار دورا معينا، ثم يقرأون المعلومات المتاحة عن طبيعة الموقف، ثم يتخيلون التفاعلات الواقعية ويدخلون في حوار مع الأفراد الآخرين حتى يصلوا إلى قرار. وتستمر الجلسة الحوارية لمدة تقل عن الساعة الواحدة. وتستخدم قرارات الأفراد في صياغة تنبؤ بالمستقبل.

"ويمكن إجراء التفاعل الذي تتم محاكاته من خلال تكليف بعض الأفراد بلعب أدوار معينة. وبعد تبصير الفرد بطبيعة الموقف، يتفاعل الأفراد سويا في مواقف معينة ويتناقشون للوصول

إلى قرار معين. وتقلل هذه الأداة من الأخطاء في التنبؤ بنسبة ٥٧٪. ومن المواقف الشهيرة في هذه الأداة موقف شركة من محاولة شركة منافسة الاستيلاء عليها، وموقف أحد الدول عندما تصل الحرب بين دولتين إلى نقطة التعادل بعد اندلاع الحرب بينهما للتنافس على مصادر المياة" (Armstrong, J. Scott; & Green, Kesten C., 2017, p. 8).

ت) القياس المقنن (Structured Analogies)

يلجأ المواطنون العاديون إلى القياس للتنبؤ بالمستقبل في حياتهم العادية. وعادة ما يقارن الأفراد العاديين بين الأحداث السياسية الماضية والراهنة. وكثيرا ما سمعنا عن المقارنات بين حرب العراق في عام ٢٠٠٣ وبين حرب فيتنام الستينيات من القرن العشرين. وعادة ما يطبق الأفراد العاديين القياس المقنن بطريقة غير مقننة، في حين يلجأ الباحثون إلى القياس المقنن للتنبؤ بالمستقبل لوضع تصورات عن إمكانية تحقق أحداث معينة أو حدوث نتائج محددة. وتقوم هذه الأداة على مسلمة جوهرها أن الخبراء يستطيعون تقديم معلومات مفيدة من خلال قياس الوقائع الحالية على وقائع سابقة. ويدعو بعض علماء المستقبليات إلى استخدام الحاسبات الآلية في معالجة استجابات الأفراد نحو قضايا بعينها.

وخطوات هذه الأداة هي كالتالي:

١) وصف الموقف الحالي. حيث يقوم الباحث الرئيسي بتقديم وصف دقيق وشامل وموجز للقضية موضوع البحث. ويجب أن يلجأ الباحث إلى الاستفادة من خبرات الخبراء غير المتحيزين في تحديد طبيعة الموقف موضوع الدراسة، وفي صياغة مجموعة من النواتج المحتمل حدوثها نتيجة لهذا الموقف.

٢) اختيار الخبراء الذين سوف يتم استطلاع آرائهم. ويتم تحديد الخبراء الذين لديهم خبرات عميقة عن موضوع الدراسة وعن المواقف الماضية المشابهة له. ويجب اختيار خبراء من تخصصات مختلفة ليتسنى الوصول إلى تنبؤات أكثر دقة وعمقا. ويجب ألا يقل عدد الخبراء الذين يتم استطلاع آرائهم عن خمسة خبراء على الأقل" (Green, Kesten C.; & Armstrong J. Scott, 2007, pp. 365-376).

٣) وتحديد ووصف طبيعة القياس. ويتم في هذه الخطوة مطالبة الخبراء بوصف أية حالات تشبه بصورة جزئية أو كلية الموقف/الموضوع الذي تتم دراسته.

٤) تقدير درجة التشابه والاختلاف بين الحالات التي يذكرها الباحثون وبين الموقف/الموضوع الذي تتم دراسته. ويفضل أن يتم إمداد الخبراء بمقياس مكتوب يجيب الخبراء على أسئلته، ويحددون بصورة مكتوبة ومحددة نقاط التشابه والاختلاف بين المواقف التي ذكرها الخبراء وبين الموقف الذي تتم دراسته وتحليله. وبعد ذلك يقوم الخبراء بتنفيذ القياس المقارن المقنن.

٥) صياغة التنبؤات المستقبلية. ويتطلب تحقيق الاتساق المنطقي وإمكانية الوصول لنفس النتائج إذا تم تكرار البحث قيام الباحث بتحديد قواعد صياغة الخبراء للقياس المقنن. وبهذا يستطيع الباحث الرئيسي الاستفادة من تنبؤات الخبراء. وبعد ذلك يختار الباحث التنبؤات التي اجمع عليها أكبر عدد من الخبراء (Green, Kesten C.; & Armstrong J. Scott, 2007, pp. 365-376).

ومن بين الصعوبات المتصلة بهذه الأداة عدم وجود قوانين تحكم الظواهر التاريخية مثلما هو الحال في الظواهر الفيزيائية والكيمائية، وصعوبة فهم بعض الظواهر التاريخية، وعدم وجود ضمان لتصرف الأفراد في الوقت الحاضر بنفس الطريقة التي تصرف بها الأفراد في الماضي. وبالتالي، فإن هذه الأداة تقدم تنبؤات محتملة وليست مؤكدة الحدوث في المستقبل. والصعوبة الثانية هي التفرد التاريخي للظواهر؛ فلا يوجد موقفين تاريخيين متطابقين تماما. ولهذا، فلابد من تحديد أوجه التشابه بالغة الأهمية، وتجاهل الجوانب الثانوية في الظاهرة موضوع المقارنة

والقياس. وكلما وجدت سوابق تاريخية مشابهة أكثر كلما أمكن استخدامها في التنبؤ بالمستقبل. ونظرا لتفرد الظواهر التاريخية فلابد من تحديد معايير أكثر دقة وعقلانية لمقارنة الظواهر مع بعضها البعض. والصعوبة الثالثة هي ربط الأحداث الحالية بالأحداث الماضية على الرغم من وجود نقاط تشابه قليلة بينهم. وعلى الرغم من كل هذه الصعوبات، إلا أن هذه الأداة مفيدة جدا في التنبؤ بالتغيرات التكنولوجية. ويمكن التغلب على هذه الصعوبات إذا تمت مراعاة الأبعاد البيئية والأخلاقية والعقلية والثقافية والاجتماعية والسياسية والاقتصادية والتكنولوجية لكل حالة (Jum, Seung-Pyo; Sung, Tae-Eung; Park, Hyum-Woo, 2017, pp. 38-39).

ويستخدم الباحثون القياس المقنن للتنبؤ بالمستقبل المرغوب في تحقيقه والمستقبل الأكثر احتمالية في الحدوث. ويمكن للباحث الرئيسي أن يستعين بعدد من الباحثين المساعدين في اختيار الخبراء. ويفيد المزج بين القياس المقنن وبين النماذج الكمية الرياضية في الوصول إلى تنبؤات أكثر دقة، واتخاذ قرارات أكثر عقلانية.

ث) تحليل القضايا بناء على حكم الخبراء (Judgmental Decomposition)

ويشير تحليل القضايا بناء على حكم الخبراء إلى حاصل ضرب قيمة مكونات مشكلة معينة، ثم تحليل ذلك. وعلى سبيل المثال يقوم الباحث بتقدير نصيب منتج معين من المبيعات الحالية في الأسواق، ثم يتنبأ بقيمة المبيعات في المستقبل بناء على تحليل مبيعات الشركات المنافسة. وتصلح هذه الأداة عندما تكون المعلومات المتوافرة تتصل بالأجزاء المكونة لمشكلة معينة أكثر من المعلومات المتوافرة عن الهدف المرغوب في تحقيقه. ومن ثم، يجب على المحلل أن يحدد الأجزاء التي يسهل التنبؤ بها. " وبهذا يتكون تحليل القضايا بناء على حكم الخبراء من ثلاث خطوات هي: تحليل البيانات السابقة/التاريخية، والتنبؤ بالأجزاء المكونة للظاهرة موضوع الدراسة، وإعادة تركيب الأجزاء المكونة للظاهرة مرة ثانية. ويري "إيدموندسون" (Edmundson) أن أداة تحليل القضايا بناء على حكم الخبراء أكثر دقة من أداة الحكم الكلي (Holistic Judgement). وقد خلص " أرمسترونج وكولوبي ويوكوم" (Armstrong, Collopy & Yokum) أن تحليل السلاسل الزمنية المعقدة وفقا للعوامل السببية المتعارضة يؤدى إلى تقليل الأخطاء عن التنبؤ بالمستقبل بأكثر من ٥٠٪. وعلى الرغم من أن هذه الأداة تؤدى إلى تحديد بنية ومكونات الظاهرة موضوع الدراسة، والاستدلال من الخلف للأمام، إلا أنها أكثر تعقيدا من أداة التفاعل الذي تتم محاكاته ومن أداة القياس المقنن" (De Baets, Shari; Vanderheyden, Karlien; & Buelens, Marc, 2013, p. 13).

ويؤكد " ماكجريجو" (Macgregor) على ضرورة استخدام أداة تحليل القضايا بناء على حكم الخبراء عندما يكون مستوى البيانات المجهولة ومقدار اللايقين كبيرين، وأن نلجأ إلى استخدام التقديرات الكلية أو الكوكبية عندما يكون مقدار البيانات المجهولة واللايقين قليلين (Goodwin, Paul, 2015a, pp. 3-7; Goodwin, Paul, 2015b, pp. 1753-1754). وقد أشارت دراسة حديثة إلى أن إعلام الخبراء بآراء بعضهم البعض حول القضية موضوع الدراسة يؤدى إلى تحسين تنبؤاتهم حول المستقبل. وبالإضافة إلى هذا، فإن زيادة عدد سنوات خبرة هؤلاء الخبراء يحسن من تنبؤهم بالمستقبل (Onkal, Dilek; Gonul, M. Sinan; Goodwin, Paul; Thomson, Mary; & Oz, Esra, 2017, pp. 280-294).

خامساً: التنبؤ باستخدام بيانات السلاسل الزمنية

أ) التجزئة (Segmentation)

وتتضمن التجزئة تحليل مشكلة معينة إلى الأجزاء المكونة لها، واستخدام المعارف والبيانات الخاصة بهذه المشكلة للتنبؤ عن مستقبل كل جزء من أجزاء المشكلة، ثم دمج هذه التنبؤات سوياً. وعلى سبيل المثال تستطيع أحد شركات تصنيع مكونات الحاسب الآلي التنبؤ بمبيعات كل مكون من مكونات الحاسبات الآلية ثم جمع هذه التنبؤات سويا لتحديد الحجم الإجمالي للمبيعات.

ويتطلب التنبؤ باستخدام التجزئة تحديد المتغيرات السببية المهمة التي يمكن استخدامها في تحديد عدد المكونات وأولوياتها. وكلما ازدادت قوة العلاقة مع المتغير التابع كلما زادت اللاخطية، وكلما زادت البيانات المتاحة كلما زادت أعداد الأجزاء التي يجب استخدامها. ويتم التنبؤ بعدد كل مكون، وبسلوك المجتمع الأصلي ضمن كل مكون، ثم يتم دمج التنبؤات الخاصة بالمجتمع الأصلي وبكل مكون، ثم يتم جمع المكونات سويا.

" وعلى سبيل المثال قامت هيئة الطيران المدني المسئولة عن إدارة مطار مدينة نيويورك في عام ١٩٥٥ بالتنبؤ بأعداد مستخدمي المطار بعد ١٠ سنوات. واستدعي ذلك تحليل أعداد المسافرين إلى ٢٩٠ جزءا موزعين على ١٣٠ شرطة طيران و١٦٠ مكونا. وتم تصنيف المسافرين العاديين بناء على السن، والمهنة، والدخل، ومستوى التعليم، كما تم تصنيف رجال الأعمال المسافرين بناء على المهنة، ومجال العمل، ومقدار الدخل. وتم الحصول على أعداد المسافرين في كل جزء، وتم التنبؤ بأعداد السكان في عام ١٩٦٥ وبأعداد المسافرين في كل مكون من هذه المكونات، وتم استخدام الاسقاطات المستقبلية بناء على سنة الأساس في عام ١٩٣٥. وكانت نتيجة الإسقاطات هي أن عدد الرحلات الجوية للمسافرين سوف تصل إلى ٩٠ مليون رحلة جوية. وبهذا لم يختلف عدد الرحلات الجوية المتوقع عن العدد الفعلي إلا بمقدار ٣٪ فقط" (Armstron,J.Scott;&Green,KestenC,2017,p.15).

ويمكن استخدام الأدوات الكيفية والكمية في التجزئة. وتشمل الأدوات الكيفية: المسوح، والملاحظة الاثنوجرافية، وتقويم الأدبيات المتصلة بالاتجاهات الاجتماعية/الثقافية، وتحليل النصوص المكتوبة، والمقابلات الشخصية، والجماعات البؤرية. وتهدف هذه الأدوات الكيفية إلى تحديد الاستخدامات الممكنة للمنتجات، واتجاهات المستهلكين نحو هذه المنتجات. وتتميز الأدوات الكمية بقوتها في تحديد مكونات المنتج، وفهم وتفسير طبيعة هذه المكونات، وتحليل الأسباب وراء قرارات الأفراد. وفي حين تتميز الأدوات الكيفية بقوتها في تقويم حجم الظواهر، والوصول إلى تعميمات تتجاوز الظروف المحيطة بالموضوع الذي تتم ملاحظته ودراسته، تتميز الأدوات الكمية بقدرتها على القياس والمقارنة والتعميم (Levallois, Clement, 2017, p. 2).

وتمتلك أداة التجزئة عدة مزايا تتفوق على التنبؤ من خلال آراء الخبراء نظراً لوجود عدة مكونات للظاهرة موضوع الدراسة. وفي حالة كثرة مكونات الظاهرة، يصبح من الأكثر كفاءة وجود إطار عمل واضح لتحليل هذه المكونات لكي نستطيع فصل العوامل السببية عن بعضها البعض. وإن كان هذا لا يمنع من وجود مزايا أخرى للأدوات التنبؤية التي تعتمد على استطلاع آراء الخبراء. أما في حالة قلة الأجزاء المكونة للظاهرة موضوع البحث، فيفضل استخدام أداة لعب الأدوار. ومن الواجب وصف العلاقات بين الأفراد في حالة تعدد الأدوار التي يلعبها الفرد الواحد. وتسمي الأداة التي تعتمد على تجزئة مكونات الظاهرة وعلى لعب الأدوار وتوضيح طبيعة العلاقات المتداخلة بين هذه الأدوار باسم "محاكاة التجزئة التابعة" (Dependent Segmentation Simulation). وتقوم أداة محاكاة التجزئة التابعة على تقويم تصرفات الأفراد وتفاعلاتهم مع بعضهم البعض. "وإذا كان الهدف هو ابتكار منتج جديد يصبح من الضروري فهم كيفية تجمع المستهلكون سويا في مجموعات تعبر عن احتياجاتهم" (Hom, Beth; & Huang, Wei, 2016, pp. 10-11).

ويؤكد بعض الباحثين أن فوائد أداة التجزئة يمكن تحقيقها من خلال استخدام تحليل الانحدار بالمتغيرات الرياضية. ويتطلب ذلك وجود متغيرات رياضية تمثل كل مكون من مكونات الظاهرة التي يتم تجزئتها. ونظرا لصعوبة إجراء تحليل الانحدار، وعدم كفاءته في تحليل جميع مكونات الظاهرة المدروسة يسلك الباحثون عند استخدام التجزئة سلوكا يختلف عن سلوك علماء الاقتصاد الرياضي. ومن أهم مظاهر تفوق أداة التجزئة على أدوات الاقتصاد الرياضي قلة الافتراضات التي تتبناها أداة التجزئة عن سلوك الظواهر. ويعني هذا، أن أداة التجزئة لا تفترض مثل أدوات الاقتصاد الرياضي أن جميع المتغيرات تتصرف بنفس الطريقة استجابة للمتغير المستقل. وبهذا تتفوق أداة التجزئة على نماذج الاقتصاد الرياضي عندما يوجد عيب أو أكثر من هذه العيوب الثلاثة في البيانات المتاحة. وهذه العيوب هي: تفاعل البيانات مع

بعضها البعض، ووجود تأثيرات لا خطية للبيانات، ووجود أولويات سببية للبيانات. ونعني بوجود أولويات سببية للبيانات عندما يجب تحليل تأثير متغير واحد قبل تحليل تأثير المتغيرات الأخرى. "وتستخدم الدراسات الحديثة نماذج احتمالية، ومعايير لاختيار المتغيرات، وإجراءات للتحقق من صدق النماذج الرياضية في تجزئة الظواهر. ويعد اختيار النموذج الرياضي الأكثر دقة، وتحديد معايير مكونات هذا النموذج، وكيفية التحقق من قياسه لما يجب أن يقيسه أمورا بالغة الأهمية عند تجزئة الظاهرة بناء على البيانات الكمية. وتتمتع الأدوات الرياضية بمستو عال من الصدق والدقة والثقة عند التنبؤ بسلوك الأفراد وخصائصهم" (Tuma, Michael; & Decker, Reinhold, 2013, pp. 2-15).

وتعاني نمذجة المكونات بناء على المعلومات المسبقة من عدة عيوب خطيرة. فمن ناحية لا توجد معرفة كافية عن المتغيرات التي تسبب عدم التجانس. وبالإضافة إلى هذا، فإن الخصائص المهمة مثل: النوع، والسن، وعدد مرات استخدام المنتج ليست كافية بدرجة تسمح بتحديد مقدار عدم التجانس بدقة. وبعبارة أخرى، فإن عدم التجانس لا يتم ملاحظته، كما أن الأسباب الحقيقية تكون غير واضحة. والحل لهذه العيوب هو تجزئة العينة إلى مكونات، ثم تحليل كل مكون من هذه المكونات بصورة رياضية. ونظرا لتعدد اللوغاريتمات الرياضية التي يمكن استخدامها في التجزئة تتعدد نتائج التحليل. وقد ظهر في السنوات الأخيرة أداوت جديدة تسمي "النماذج المختلطة ذات النهاية" (Finite Mixture Models). وتتيح النماذج المختلطة ذات النهاية للباحثين إمكانية التغلب على ظاهرة عدم التجانس في البيانات من خلال تجميع الملاحظات وتقدير قيمة المؤشرات في نفس الوقت، وبالتالي يتم تجنب التحيزات المعروفة الناجمة عن تقدير قيمة المكونات بصورة مجمعة (Sarstedt, Marko, 2008, p. 229).

ب) التعديلات بناء على حكم الخبراء (Structured Judgmental Adjustments)

غالباً ما ينفذ الباحثون في الدراسات المستقبلية عدة تعديلات غير مقننة في أحكامهم وفي السلاسل الزمنية التي يوظفونها. وعادة ما تكون هذه التعديلات مصدرا للتحيز. وعلى سبيل المثال يقوم المديرون بتضخيم أرقام المبيعات المستقبلية أحيانا اعتقادا منهم أن هذه الزيادة سوف تحفز العاملين على بذل المزيد من الجهد. كم قد يعطي مندوب المبيعات تنبؤات ضعيفة ليسهل تحقيقها. ولهذا خلص بعض الباحثين في الدراسات المستقبلية القديمة إلى أن التعديلات غير المقننة في أحكام الخبراء تضر بالتنبؤات المستقبلية.

وهناك عدة طرق لتقنين التعديلات في أحكام الخبراء. وتشمل هذه الطرق: توفير تعليمات مكتوبة للمهام المنفذة من قبل الخبراء، وتقويم التعليمات المكتوبة المقدمة للخبراء، ومطالبة مجموعة من الخبراء بدلا من خبير واحد بتقديم تعديلات مستقلة جماعية في الأحكام وذلك على أن تقدم هذه التعديلات قبل رؤية التنبؤات الفعلية، وبتسجيل الأسباب التي تقف وراء تبني هذه التعديلات.

"وتقوم هذه الأداة على إعطاء الباحث البيانات التاريخية والسلاسل الزمنية والتنبؤات المبدئية ثم يطلب منه أخذ كل هذه المعطيات في الاعتبار ثم صياغة تنبؤات نهائية. وتحسن هذه الأداة من دقة التنبؤ بالمستقبل وخاصة عندما يتم توظيف المعلومات السابقة ضمن متغيرات السلاسل الزمنية. وتتأثر هذه الأداة بعدة أنواع من التحيزات مثل: الثقة المبالغ فيها في أحكام الخبراء، وحصر التنبؤ في نمط واحد ثم إجراء تعديلات غير كافية في هذا النمط، والميل إلى إجراء تعديلات طفيفة تضر بالظاهرة المدروسة بدون وجود أسباب منطقية تدعو لذلك؛ الأمر الذي يؤدى في النهاية إلى عدم دقة هذه التنبؤات. وعادة ما تسهم التعديلات الضخمة في حدوث نتائج أفضل لأنها تقلل من تحيزات الخبراء" (Alvarado-Valencia, Jorge; Barrero, Lope H.; Onkal, Dilek; Dennerlein, Jack T., 2017, pp. 299-300).

وعادة ما تفيد التعديلات في أحكام الخبراء في ثلاث حالات: أ) عندما تكون الأحداث الأخيرة غير ممثلة في البيانات مثل تقديم تخفيضات في آخر لحظة على منتج معين. وبالتالي، يتم تعديل الأحكام لتعديل المستوى الحالي للمتغيرات التي يتم التنبؤ بها. ب) عندما تكون البيانات التاريخية

السابقة قليلة. ج) عندما يمتلك الخبراء معارف كثيرة عن التغييرات المستقبلية التي لم يتم إدماجها في النموذج التنبوئي مثلما هو الحال عند التنبؤ بحجم المبيعات في ظل حدوث تحسن مخطط في جودة إنتاجية هذه المنتوجات.

"ويتفق غالبية الباحثين الذين يستخدمون أداة التعديلات بناء على حكم الخبراء أنها أداة ممتازة في حالة توافر بيانات صادقة وموثوق بها. ويفضل الباحثون استخدام أكثر من أداة للتنبؤ بالمستقبل. ويعتقد المتخصصون في مجال الدراسات المستقبلية أن استخدام أسلوب دلفي ومصفوفة التأثير المتقاطع والقياس المقنن والتحليل بواسطة العوامل السببية مع أداة التعديلات بناء على حكم الخبراء يحسن من دقة التنبؤات المستقبلية" (Wang, Chin-Lien; & Wang, Li-Chih, 2009, p. 464).

وتعاني تقديرات حجم التعديلات المطلوبة من عيوب تتصل بالتحيزات العقلية. ولهذا يتم استخدام التعديلات بصورة غير فعالة في بعض الحالات. وللتغلب على العيوب الناجمة عن التحيزات العقلية يجب استخدام أداة التعديلات في أحكام الخبراء مع أداة تحليل القضايا بناء على حكم الخبراء أو مع أداة القياس المقنن (Goodwin, Paul; & Wright, George, 2010, pp. 355-367). ويقترح "روبرت فيلدز وبول جودوين" (Robert Fildes & Paul Goodwin) المزج بين أداة التعديلات في أحكام الخبراء وبين النماذج الإحصائية الرياضية وبرامج الحاسوب الرياضية للوصول إلى تنبؤات أدق عن المستقبل (Fildes, Robert; & Goodwin, Paul, 2003, pp. 1-24).

ت) التنبؤ القائم على القواعد (Rule-based Forecasting)

ويسمح التنبؤ القائم على القواعد للمحللين بدمج مبادئ التنبؤ القائم على البراهين مع معارف المديرين عن تنبؤات السلاسل الزمنية بطريقة مقننة وغير مكلفة. والتنبؤ القائم على القواعد هو نظام لتجميع آراء الخبراء يقوم على البراهين للتنبؤ بالمستقبل اعتماداً على بيانات السلاسل الزمنية. ويتطلب تنفيذ هذه الأداة تحديد معالم السلاسل الزمنية أولاً. وهناك ٣٦ خاصية ومعلم من معالم السلاسل الزمنية. وتشمل هذه الخصائص القوي السببية مثل: النمو، والتعارض، والانحدار، والدعم، كما تشمل أيضاً طول أفق التنبؤ، وحجم البيانات المتاحة، ووجود القيم المتطرفة (Outliers). ويمكن تحديد هذه الخصائص بواسطة الفحص، والتحليل الإحصائي، وتحليل المجال المعرفي. وهناك ٩٩ قاعدة لتعديل البيانات، وتقدير قيمة بداية الاتجاه، وقيمة الاتجاه قصير المدي، وقيمة الاتجاه طويل المدي.

ومن أوائل الدراسات التي طبقت التنبؤ القائم على القواعد دراسة "كولوبي وأرمسترونج" (Collopy & Armstrong) في عام ١٩٩٢. وقد اقترحت هذه الدراسة إطاراً نظرياً يمزج الخبرة في التنبؤ بالمستقبل بالمعارف الرياضية لتقديم تنبؤات مستقبلية أكثر تعبيراً عن البيانات المدروسة. وتضمنت هذه الدراسة ٩٩ قاعدة، و٤ تقنيات للإسقاطات التنبؤية، و١٨ سلسلة زمنية (Armstrong, J. Scott; & Collopy, Fred, 1992, pp. 69-78). ثم قدم "أديا وكولوبي وأرمسترونج وكيندي" نموذجاً أقل تعقيداً في دراستهم المنشورة في عام ٢٠٠١. واستخدم "أديا وكولوبي وأرمسترونج وكيندي" ٦٦ قاعدة، و٣ تقنيات للتنبؤ بالمستقبل، و ٦ سلاسل زمنية فقط. وقدمت هذه الدراسة تحديداً آلياً لملامح السلاسل الزمنية يمكن استخدامه من خلال التنبؤ القائم على القواعد بهدف تقليل تكلفة التنبؤ بالمستقبل عند استخدام قواعد البيانات الكبيرة وعدم التضحية بمبدأ دقة التنبؤات (Adya, M., Collopy, F., Armstrong, J. S., & Kennedy, M., 2001, pp. 143-156).

وقد خلص " فرانزيز وفان ديجيك" (Franses & Van Dijk) أن النماذج الرياضية الأبسط التي تدرس التغييرات الدورية تفيد بدرجة أكبر في التنبؤ قصير المدي، في حين أن النماذج الرياضية الأكثر تعقيداً تفيد بدرجة أفضل في التنبؤ بعيد المدي (Swanson, Norman R;Urbach, Richard, 2013, pp. 1-15). وقد حلل "جاردينر وديـاز-سياز" (Gardner & Diaz-Saiz) فاعلية أدوات التقريب الأسي (Exponential Smoothing) باستخدام البيانات من

قطاع الاتصالات اللاسلكية. واستنتج "جاردينر وديز-سياز" أن التقريب الأسي البسيط وأداة سيتا (Theta) يقدمان تنبؤات أكثر دقة مقارنة بأدوات التقريب الأخرى (Gardner Jr., Everette S.; & Diza-Saiz, 2008, pp. 170-174) .

والخلاصة أن الباحثين في الدراسات المستقبلية والبحوث التنبؤية يعتمدون على قواعد رياضية متعددة. فهناك القواعد الرياضية البسيطة والصارمة في نفس الوقت والتي يشيع استخدامها مثل التقريب الأسي. وهناك القواعد الرياضية والنماذج الحسابية المعقدة التي يعتمد عليها المتخصصون في علم الإحصاء وعلم الاقتصاد الرياضي مثل نماذج مصفوفة الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك، ونماذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك (ARIMA) بصورها المختلفة. وهناك الشبكات العصبية التي يهتم بدراستها المتخصصون في التعلم باستخدام الحاسبات الآلية. ويوظف مجال الشبكات العصبية العصبونات متعددة الطبقات (Multi-Layer Perceptons) مع السلاسل الزمنية والشبكات ذات الذاكرة.

ث) التحليل بواسطة العوامل السببية (Decomposition by Causal Forces)

إن السلاسل الزمنية المعقدة هي تلك السلاسل التي تدفع القوي السببية المتغيرات في اتجاهات متعارضة. ومن الأمثلة على ذلك، أن يتم التنبؤ بالعوائد المالية من بيع منتج معين (مثل برامج الحاسب الآلي) عندما تكون الأسعار في انخفاض وتكون عدد الوحدات المنتجة ومعدلات التضخم في تزايد، وتكون حصة الشركة من سوق المبيعات معتمدة على المزايا النسبية لهذا المنتج. وإذا أمكن التنبؤ بدقة أكبر بمكونات السلاسل الزمنية المعقدة بصورة تفوق إمكانية التنبؤ بالسلاسل الكوكبية، يصبح من المفيد تحليل مكونات المشكلة موضوع الدراسة بناء على العوامل السببية. ومن أمثلة التحليل بواسطة العوامل السببية: التنبؤ بأعداد الأفراد الذين يموتون على الطرق السريعة كل عام، والتنبؤ بقيمة الكيلومترات التي يقودها كل راكب سيارة (سلاسل زمنية متزايدة القيمة)، والتنبؤ بمعدلات الوفيات لكل مليون ميل يتم قيادة السيارة من خلاله (سلسلة زمنية متناقصة القيمة) ثم يتم إجراء عملية الضرب لهذه التنبؤات.

"وقد اختبر "أرمسترونج وكولوبي ويوكوم" (Armstrong, Collopy, & Yokum) في دراستهم المنشورة في عام ٢٠٠٥ قيمة التحليل بواسطة العوامل السببية لاثني عشرة سلسلة من السلاسل الزمنية المستخدمة في مجال حوادث الطائرات وحوادث السيارات ودخل شركات الطيران ومبيعات الحاسبات الآلية وإنتاج السجائر. وتوقع الباحثون أن يؤدى التحليل باستخدام العوامل السببية إلى تنبؤات أكثر دقة تزيد عن دقة التوقعات الناتجة عن استخدام الاسقاطات الخطية للسلاسل الكوكبية وذلك في حالتين هما: أ) إذا كان كل مكون من المكونات يمكن التنبؤ به من خلال المحاكاة بأخطاء تقل عن المتوسط. ب) إذا كان معامل التباين الخاص بخط الاتجاه لكل مكون من المكونات أقل من معامل التباين الخاص بالسلاسل الكوكبية. وقد وظف أرمسترونج وكولوبي ويوكوم التحديث المتتالي لحوالي ٥٧٥ تنبؤاً مستقبليا تم التنبؤ بها خلال العشر سنوات السابقة على نشر دراستهم. واستنتج الباحثون أن السلاسل الزمنية التسعة التي اتصفت بشرط واحد أو بالشرطين الاثنين والتي طبقت التحليل بواسطة العوامل السببية قد أدت إلى تقليل الأخطاء في التنبؤات بنسبة ٦٠٪" (Armstrong J. Scott ; Green, Kesten C. ; & Graefe, Andreas, 2014, pp. 16-17). وعلى الرغم من الدقة العالية لهذه الأداة، إلا أن عدد الدراسات التي وظفت هذه الأداة قليل.

ج) عوامل التباينات الدورية التي يتم تقريبها (Damped Seasonal Factors)

طور "ميلر ووليامز" (Miller & Williams) أداة لتقريب عوامل التباينات الدورية. وفي ظل اتصاف البيانات التاريخية باللايقين والأخطاء سعي هذان الباحثان إلى ابتكار طريقة تنجح في تقريب قيمة التباينات الدورية (مثل: تقريب قيمة العوامل الدورية المعتمدة على عملية الضرب إلى الواحد الصحيح، وتقريب العوامل الدورية المعتمدة على عملية الجمع إلى الصفر). وتفيد عملية التقريب هذه نظرا لأن العوامل الدورية التي يتم تقريبها تتأثر بالأخطاء الموجودة

في البيانات. وقد قللت الأداة التي طورها 'ميلر وويليامز' من الأخطاء في التنبؤ بالمستقبل بنسبة ٤٪ في الاختبارات المتصلة بمسابقات أفضل الأدوات التنبؤية التي أجريت على ١٤٢٨ سلسلة زمنية. وكانت النتائج المستقاة من تطبيق أداة عوامل التباينات الدورية التي يتم تقريبها أكثر دقة في ٦٨٪ من هذه السلاسل الزمنية .(Miller, Don M.; & Williams, Dan, 2004, pp. 551-568)

"وقد استخدم "بون وفاسيليبوس" (Bunn & Vassilpoulos) في دراستهم المنشورة في عام ١٩٩٩ 'مصفوفات التغييرات الدورية التي تم تقريبها' (Shrinkage Seasonal Indices). ووظفت الدراسة مصفوفة جيمس-شتاينر في تقريب 'مصفوفات التغييرات الدورية الفردية'[١] (Individual Seasonal Indices) نحو 'مصفوفة دالهارت للتغييرات الدورية الجماعية' (Dalhart's Group Seasonal Index) أو 'مصفوفة ويذيكومب للتغييرات الدورية' (Withycombe's Seasonal Index) وذلك للتنبؤ على المدي القصير. وقد خلص بحثهما إلى أن مصفوفات التغييرات الدورية التي تم تقريبها قد أدت إلى تحسن ثابت في دقة التنبؤات المستقبلية، وإلى أن هذه الأداة تتفوق في دقتها على مصفوفات التغييرات الدورية الفردية، وإلى أن مصفوفات التغييرات الدورية التي تم تقريبها أفضل من أدوات تجميع التغييرات في مجموعات (Zhang, Kui; Chen, Huijing; Boylan, John; & Scarf, Philip, 2011, pp. 2-3).

وقد استخدم ''جور وأوليجيشلاجر وتومبوسون'' (Gorr; Olligschlager: & Thompson) أداة عوامل التباينات الدورية التي يتم تقريبها في مسح عوامل التباينات الدورية الشهرية في معدلات الجريمة في ٦ من نقاط الشرطة في مدينة بيتسبيرج بولاية بنسلفانيا. وخلصت الدراسة إلى أن التنبؤات بمعدلات الجريمة كانت أكثر دقة بنسبة ٧٪ مما لو تم تقدير عوامل التباينات الدورية بصورة فردية لكل نقطة شرطة. وفي المتوسط فإن حساب متوسط قيمة عوامل التباينات الدورية عبر مجموعة من السلاسل الزمنية يؤدى إلى تقليل الأخطاء في التنبؤ المستقبلي بنسبة ١٣.٥٪. وبالإضافة إلى هذا، فإن أداة التقريب الأسي التي وضعها 'هولت' (Holt Exponential Smoothing) عند استخدامها مع قيم التباينات الدورية الشهرية للمعدلات الجريمة في المدينة هي أكثر النماذج الإحصائية دقة عند التنبؤ بمعدلات الجريمة على مستوي نقطة الشرطة (Gorr, Wilpen; Olligschlager, Andreas; Thompson, Yvonne, 2003, pp. 579-594).

ح) التنقيب في البيانات (Data Mining)

وتقوم أداة التنقيب في البيانات على افتراض جوهره أن التحليل الإحصائي في ظل وجود مقادير كبيرة من البيانات يمكنه تحديد الأنماط التي تساعد على التنبؤ بالمستقبل. وتتجاهل مناجم البيانات -مثلها مثل المدخل المستخدم في تحليل الانحدار المتدرج-النظريات والمعارف المسبقة؛ حيث يركز التنقيب في البيانات على البحث عن الأنماط الموجودة في البيانات. ويشيع استخدام أداة التنقيب في البيانات في التنبؤ بالمستقبل. وبحلول شهر مارس من عام ٢٠٠٦ كان هناك

[١] إن مصفوفات التغييرات الدورية الفردية هي أداة كلاسيكية للتحليل؛ أي للتخلص من التغييرات الدورية في البيانات، وللتنبؤ بالمستقبل من خلال هذه البيانات التي تم التخلص من التغييرات الدورية بها، ثم لإعادة التغييرات الدورية مرة ثانية للتنبؤات المستقبلية. وهي ليست أداة مرضية دائماً إذا كانت البيانات (Noisy)، وإذا كان طول البيانات قصير. و"مصفوفة دالهارت للتغييرات الدورية الجماعية" هي متوسط بسيط لقيمة مصفوفات التغييرات الدورية الفردية. ويتم حساب "مصفوفة ويذيكومب للتغييرات الدورية" من خلال جمع قيم جميع السلاسل الزمنية في المجموعة، ثم تقدير مصفوفات التغييرات الدورية من سلسلة زمنية واحدة. وقد خلص "بون وفاسيليبوس" في دراستهما المنشورة في عام ١٩٩٣ إلى أن "مصفوفة دالهارت للتغييرات الدورية الجماعية" و"مصفوفة ويذيكومب للتغييرات الدورية" يتفوقان في الدقة على مصفوفات التغييرات الدورية الفردية. كما استنتجا أيضا أن "مصفوفة ويذيكومب للتغييرات الدورية" أكثر دقة من "مصفوفة دالهارت للتغييرات الدورية الجماعية" (Zhang, Kui; Chen, Huijing; Boylan, John; & Scarf, Philip, 2011, pp. 2-3).

حوالي ٢.٢ مليون دراسة موجودة على شبكة الإنترنت تربط أداة التنقيب في البيانات بالتنبؤ بالمستقبل. وقد أسهم وجود قواعد بيانات ضخمة في الانتشار واسع النطاق لهذه الأداة التنبؤية.

"وقد أصبحت أداة التنقيب في البيانات أداة أساسية لتحليل البيانات الموجودة في قواعد البيانات الضخمة في العقد الأخير. وهي تتضمن عددا كبيرا من التقنيات. وقد أسهمت هذه الأداة في الوصول إلى نتائج ممتازة في العديد من المجالات التطبيقية. ونتيجة لهذه المزايا أصبح التنقيب في البيانات أداة قوية للتنبؤ بالمستقبل، وشاع استخدامها في العديد من الأبحاث"
(Martínez-Álvarez, Francisco; Troncoso, Alicia; Asencio-Cortés, Gualberto; & Riquelme, José C, 2015, pp. 13162–13193)

"وعلى الرغم من أن استخدام التنقيب في البيانات في التنبؤ بالمستقبل يعود إلى الستينيات من القرن العشرين، إلا أنه لا توجد براهين تجريبية على أن البحث في الأنماط الإحصائية للبيانات قد أدى إلى تحسين دقة التنبؤات القبلية (Ex ante Forecast Accuracy). وبالإضافة إلى هذا، فإن هذه الأداة لا توظف أي من القواعد الثمانية والعشرين الشهيرة لدى الباحثين في الدراسات المستقبلية. وقد خلصت دراسة تقويمية شاملة لواحدٍ وخمسين قاعدة بيانات عالمية إلى عدم وجود أدلة على فائدة أداة التنقيب في البيانات. وأخيرا، فإن هذه الأداة تقدم مستوى مبالغ فيه وغير واقعي من الثقة في التنبؤات (Armstron, J. Scott; & Green, Kesten C., 2017, p. 27).

ومن المشكلات التي تتسم بها أداة التنقيب في البيانات تطبيق الأساليب الإحصائية بدون فهم عميق للافتراضات الضمنية والتأثيرات المحتملة لهذه الأساليب الإحصائية. ويشير الباحثون إلى وجود عدة إشكاليات تتصل بأداة التنقيب عن البيانات. من هذه الإشكاليات ما يلي: ١) سوء تفسير الارتباطات بين العوامل باعتبارها علاقات سببية. ٢) العلاقة الخطية للمتغيرات بما يؤدى إلى خيارات أقل أو أكثر عشوائية بالنسبة لخيارات المؤشرات.٣) ضعف إمكانية أو زيادة إمكانية تقريب النماذج الرياضية. ٤) تجاهل التبسيطات الضمنية أو التقريبات الحيوية؛ الأمر الذي يؤدى إلى خطأ نسبة كبيرة من الاستنتاجات الإحصائية. ٥) تؤدى الكميات الكبيرة من البيانات إلى عدم إمكانية التحكم بقوة في النظم المعقدة (Helbin, Dirk; & Balietti, Stefano, n. d., pp. 10-11).

وللتغلب على هذه الإشكاليات يقترح علماء الإحصاء استخدام إجراءات التماثل (Similarity Measures) والتغير الزمني الديناميكي (Dynamic Time Warping) ، واستخدام أكثر من قاعدة بيانات في التحقق من صدق النتائج التي تم التوصل إليها، وتوظيف "لوغاريتم أقرب النماذج المشابهة" (Simple Nearest Neighbor Algorithm).

خ) الشبكات العصبية (Neural Nets)

اهتم الباحثون باستخدام الشبكات العصبية في تحديد الأنماط اللاخطية عند استخدام السلاسل الزمنية الطويلة. "والشبكات العصبية العميقة هي شبكة عصبية اصطناعية ذات طبقات متعددة مخفية من الوحدات بين المدخلات والمخرجات. وقد شاع استخدامها في بحوث الذكاء الاصطناعي وفي بحوث التعرف على أحاديث البشر" (Dixon, Matthew; Klabjan, Diego; & Bang, Jin Hoon, 2016, p. 2). ويتم استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ بالمشكلات في مجالات الإدارة ولحل هذه المشكلات. وقد اتسع نطاق استخدامات الشبكات العصبية الاصطناعية ليشمل التنبؤ بالإفلاس، وبمعدلات تحول العملاء من استهلاك منتجات شركة معنية إلى استهلاك منتجات شركة أخرى، وبمعدلات ارتفاع/انخفاض قيمة أسهم البورصة، وغيرها (Bahia, Itedal Sabri Hashim, 2013, pp. 136-140).

وقد شهدت الفترة من ١٩٩٠ إلى ٢٠١٠ نشر أكثر من ٥٠٠٠ دراسة في الدوريات المحكمة والمؤتمرات العلمية عن التنبؤ باستخدام الشبكات العصبية في العديد من التخصصات. ويشير فيلدز وزملاؤه (Fildes et al.) إلى أن الخمسة والعشرين سنة الأخيرة قد شهدت استخدام الشبكات العصبية وأدوات الذكاء الاصطناعي الحاسوبية في دراسة عدد كبير من الموضوعات في مجال

بحوث العمليات. وأكد 'فيلدز وزملاؤه' أن الشبكات العصبية وأدوات الذكاء الاصطناعي الحاسوبية تعد واحدة من أكثر الأدوات التنبؤية انتشارا في الدوريات المستقبلية المتخصصة. ويرجع هذا الانتشار الكبير لهذه الأدوات البحثية إلى تفوق الشبكات العصبية كأداة بحثية على غيرها من الأدوات التنبؤية سواء في الأبحاث التي اعتمدت على السلاسل الزمنية ذات المعيار الواحد أو في الأبحاث التي قدمت في المنافسات الدولية لدقة تنبؤات الأدوات والنماذج الرياضية. وقد خلص "أديا و كولوبي" (Adya & Collopy) إلى أن الدراسات التي استخدمت الشبكات العصبية كانت أكثر صدقا وثباتا من غيرها من الدراسات التي استخدمت أدوات تنبؤية أخرى. وعلى الرغم من هذا، فإن هناك عيوب تتعلق بالتصميم التجريبي واستخدام الشبكات العصبية في ٣٧ دراسة من بين ٤٨ دراسة قام "أديا و كولوبي" بتحليلها. ويعتقد "سيفن كرون وهيبون ميشال وكونستانتينوس نيكولولوبوس" (Sven, Crone; Michele, Hibon; & Konstantinos, Nikolopoulos) أن اللوغاريتمات الجديدة التي تتبع تصميماً تجريبياً صارماً تتصف بالثبات ولكنها تحتاج إلى تقويم بعدي موضوعي وغير متحيز لتحديد مقدار الدقة الإمبريقية في ظل تنوع ظروف البيانات المختلفة (Crone Sven; Hibon, Michele; & Nikolopoulos, Konstantinos, 2011, pp. 636).

ونظراً للأعداد الكبيرة من الأبحاث التي استخدمت هذه الأداة في التنبؤ بالمستقبل يجب إجراء المزيد من الدراسات حول الظروف التي يتم تعظيم فائدتها لأقصي مدى ممكن. ويقترح الباحثون استخدام الشبكات العصبية الدورية (Recurrent Neural Networks) وخاصة تلك التي تستخدم ذاكرة قصيرة وطويلة المدى. وتتفوق الشبكات العصبية الدورية التي تستخدم ذاكرة قصيرة وطويلة المدى على أفضل السلاسل الزمنية ذات المتغير الواحد التي تتنبأ بالمستقبل. ويتطلب الحصول على تنبؤات أكثر دقة باستخدام الشبكات العصبية الدورية تجانس البيانات الموجودة في قاعدة البيانات موضوع الدراسة.

د) أساليب 'بوكس-جينكينز' (Box-Jenkins Methods)

نشر الباحثون عدداً كبيراً من الدراسات التنبؤية التي استخدمت أساليب "بوكس-جينكينز" في توظيف الاسقاطات الناجمة عن السلاسل الزمنية في التنبؤ بالمستقبل. وقد نظر "فيلدز" (Fildes) إلى أساليب "بوكس-جينكينز" باعتبارها واحدة من أهم أكثر الابتكارات نفعاً وتأثيراً في التنبؤ المستقبلي. وقد استند 'فيلدز' في رأيه هذا على عدد الأبحاث التي استشهدت بالدراسات التي وظفت هذه الأداة، وعلى آراء الخبراء. وقد تجاوز الاهتمام بهذه الأداة نطاق الباحثين. وبحلول شهر مارس ٢٠٠٦ كان هناك ١٢٠ ألف دراسة موجودة على شبكة الإنترنت تربط أساليب 'بوكس-جينكينز' بالتنبؤ بالمستقبل

(Fildes, Robert; Goodwin, Paul; Lawrence, Michael; & Nikolopoulos, Konstantinos, 2009, pp. 3-20).

وقد ابتكر "جورج بوكس وجويلم جينكينز" (George Box & Gwilym Jenkins) مدخلاً عملياً لبناء "نموذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك" (ARIMA) الذي يتناسب بصورة أفضل مع سلسلة زمنية معينة والذي يتصف بعدد أقل من الخطوات. وقد أثرت كتابات جورج بوكس وجويلم جينكينز بقوة على تحليل السلاسل الزمنية وعلى دقة التنبؤات المستقبلية. ولا تفترض هذه الأساليب وجود نمط معين في البيانات التاريخية الخاصة بالسلاسل الزمنية المستخدمة. وقد استخدم جورج بوكس وجويلم جينكينز مدخلا مكونا من ثلاث خطوات لتحديد النموذج الرياضي الأكثر دقة وهي: ١) الاختيار المبدئي لنموذج رياضي. ٢) تقدير قيمة المؤشرات. ٣) الاختبار التشخيصي لتحديد أفضل النماذج الرياضية لبناء نموذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك. ويتم تكرار هذه الخطوات الثلاث عدة مرات حتى يصل الباحث إلى النموذج الرياضي

الأفضل والأكثر فاعلية. ويتم استخدام هذا النموذج النهائي في التنبؤ بالقيم المستقبلية للسلاسل الزمنية (Adhikari, Ratnadip; & Agrawal, R. K., n.d., p. 23).

وتصف "نماذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك" نوعين من العمليات الإحصائية: العمليات الخطية الثابتة، والعمليات الخطية غير الثابتة المتجانسة. وتأخذ نماذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك في الاعتبار وجود تركيبة داخلية للبيانات تعتمد على التغييرات الدورية التي يمكن تفسيرها. وتفيد هذه النماذج بشدة عندما تتصرف العوامل الضمنية التي تسبب الطلب على الخدمات والمنتجات في المستقبل بنفس الطريقة التي تصرفت بها في الماضي. وتتصف السلاسل الزمنية في هذه النماذج بقدرتها الأكبر على التنبؤ بالمستقبل وبوجود تطبيقات أكثر لها بصورة الأساليب غير الزمنية (Non-Temporal Techniques).

سادساً: التنبؤ باستخدام أدوات لم يتم تقويم درجة فاعليتها

أ) التنبؤ بالمعلومات المتصلة بالأسواق (Prediction Markets)

أظهرت الدراسات التي أجراها علماء النفس في أوائل القرن العشرين أن دقة نتائج الدراسات يمكن زيادتها من خلال التحليل المصغر للنتائج الكلية، وزيادة أعداد المفحوصين في العينة. وقد قد اتضح ذلك من خلال استخدام البشر للأسواق في التنبؤ بما سوف يحدث في المستقبل في مجالي السياسة والرياضة. ويتطلب الحصول على تنبؤ غير متحيز للمستقبل تأسيس سوق كبير ثم ترك الأفراد يتأملون في النواتج المحتملة لهذا المستقبل. وقد تم إجراء غالبية الاختبارات المقارنة للتنبؤ بالمعلومات المتصلة بالأسواق في قطاعات الأسواق المالية، وأسواق المواد الخام، والرياضة. ويوجد عدد كبير من الدراسات التي سعي فيها الباحثون للتنبؤ بالمستقبل منذ عشرينيات القرن العشرين إلى صياغة أدوات أكثر دقة لاستشراف مستقبل الأسواق المالية. وبالإضافة إلى هذا، فإن الدراسات ذات العينات صغيرة الحجم تشير إلى أن التنبؤات المتصلة بدراسة الأسواق المالية كانت أكثر دقة من التنبؤات المتصلة بالانتخابات السياسية.

" ويعد التنبؤ بالمعلومات المتصلة بالأسواق أداة قوية لاستشراف المستقبل. فعلي سبيل المثال تستخدم الأحزاب السياسية هذه الأداة للتنبؤ بنتائج الانتخابات في الدول المتقدمة. وقد حاولت بعض الدراسات ربط السلاسل الزمنية التنبؤية المستقاة من أداة التنبؤ بالمعلومات المتصلة بالأسواق بالسلاسل الزمنية الخاصة بالمتغيرات الأخرى بهدف عزل استنتاجات سببية. كما حلل " هيرون وزملاؤه" (Herron et al.) و" نايت" (Knight) الارتباط بين قيمة الأسهم في البورصة وبين المصفوفات الصناعية في عام ١٩٩٢ وفي عام ٢٠٠٠ وعلاقة ذلك بالانتخابات الرئاسية الأمريكية في عام ٢٠٠٤. كما أجرى "ولفارز وزيتزويتز" (Wolfers & Zitzewutz) تحليلاً مماثلاً لقيمة الأسهم في البورصات وقيمة السندات للتنبؤ بتأثير الأحزاب السياسية على الانتخابات الرئاسية التي أجريت في عام ٢٠٠٤. وبالإضافة إلى هذا، فقد حلل "سليمرود وجريميل" (Slemrod & Greimel) تأثير أسعار سندات البلدية على احتمالات ترشيح الحزب الجمهوري لستيف فوربس للانتخابات الرئاسية في عام ٢٠٠٠؛ حيث تبني ستيف فوربس سياسة ضريبية مقترحة تهدف إلى إلغاء الإعفاءات الضريبية التي تتمتع بها سندات البلدية" (Wolfers, Justin; Zitzewitz, Eric, 2006, pp. 7-8).

وتتميز أداة التنبؤ بالمعلومات المتصلة بالأسواق بارتفاع دقة تنبؤاتها وانخفاض تكلفتها وارتفاع قيمة فاعليتها. وبالإضافة إلى مواكبتها للأحداث، فإنها تتسم بانخفاض الأخطاء في التنبؤات المستقبلية، والمعايير المثيرة للإعجاب (Pathak, Deepak; Rothschild, David; & Dudik, Miroslav, 2015, pp. 24-25). وقد شاع استخدام هذه الأداة كآلية للتنبؤ بالحكمة الموجودة لدى الجماهير، ولتمكين الأفراد من اتخاذ قرارات بشأن احتمالية وقوع أحداث معينة من عدمها. وقد أثبتت هذه الأداة نجاحا كبيرا في التنبؤ بالمستقبل في مجالات الرياضة، والترفية، والسياسية. وهي أداة واعدة في مجال التخطيط للممارسات

البحثية من قبل القيادات الجامعية، ومفيدة في تقليل تكلفة التنبؤ بالمستقبل، كما يمكنها أن تحل محل التدريبات الوهمية (Mock Exercises). وتسمح هذه الأداة للأفراد بالبيع والشراء في سوق نشط؛ حيث يقوم الأفراد بالتصرف في عقود تدفع المال بناء على احتمالية وقوع حدث معين في المستقبل. ومن أشهر الأسواق التنبؤية أسواق ولاية أيوا التنبؤية الإلكترونية التي تستخدم في التنبؤ بنتائج الانتخابات الرئاسية الأمريكية.

ب) التحليل المدمج/المشترك (Conjoint Analysis)

ويقوم التحليل المدمج/المشترك على مطالبة الأفراد بتحديد تفضيلاتهم من خلال قائمة تعرض عليهم. وعلى سبيل المثال يمكن عرض ملامح عديدة للحاسبات الآلية المحمولة مثل السعر، والوزن، ومدة استخدام البطارية، والمقارنة بين الخصائص المختلفة لها. وتتنوع قيمة كل خاصية من هذه الخصائص بحيث لا ترتبط بعضها البعض. وبعد ذلك يتم عرض هذه الخصائص على عينة من المستهلكين المحتملين لتقويم احتمالات شرائهم لكل جهاز. ويتم تحليل استجابات المستهلكين من خلال تحليل الانحدار. وتسمي هذه الأداة التحليل المدمج لأن المستهلكين يحللون خصائص المنتج بصورة مشتركة. وبهذا يتم إجبار المستهلكين على تحليل الملامح المتنوعة لكل حاسب آلي.

وخطوات إجراء الدراسات القائمة على استخدام التحليل المدمج/المشترك هي:

- "التحليل: وأول خطوات إجراء الدراسات القائمة على استخدام التحليل المدمج/المشترك هي صياغة مجموعة من الخصائص ومستويات كل خاصية المميزة لقطاع معين. ويجب أن يعتمد تحليل كل بديل إلى مجموعة من العوامل على العوامل المميزة المهمة والمؤثرة على تفضيلات المستهلكين واختياراتهم. ويمكن استخدام الأساليب الكيفية مثل الجماعات البؤرية، والمقابلات المتعمقة والعصف الذهني للخبراء في تحديد خصائص كل منتج.
- صياغة بروفايل للبدائل: وتشير هذه الخطوة إلى الطريقة التي يقدم بها الباحث منتج أو خدمة معينة بهدف فهم خصائصها من قبل المستهلكين. ويتم وصف بروفايل البدائل من خلال التواصل الشفهي والتواصل المكتوب. وعلى الرغم من هذا، فإن الوسائط الإيضاحية المرئية مثل: الرسوم البيانية، والصور، وأفلام الفيديو، توفر فهما أفضل لخصائص كل منتج" (Jahanbin, Semco, 2015, p. 24).
- "التصميم التجزيئي للتجارب: ويعد التصميم العاملي الكامل أمراً غير عملي للتحليل المدمج/المشترك باستثناء بعض الحالات التي تتصف بخصائص محدودة.
- جمع البيانات للتحليل المدمج/المشترك: وقد تم تصميم أساليب قليلة مختلفة لجمع البيانات منذ البدء في استخدام هذه الأداة في استطلاع آراء الأفراد. ومن هذه الأساليب التصنيف. وقد شاع أسلوب التصنيف في الدراسات المبكرة التي استخدمته. ويقوم التصنيف على مطالبة الأفراد بتصنيف البروفايل الخاص بكل منتج. ومن عيوب أسلوب التصنيف صعوبة قيام الأفراد المستطلع آرائهم بتحديد المزايا النسبية لكل منتج. ففي دراسة عن خصائص الهواتف المحمولة تمت مطالبة المستهلكين بتصنيف الهواتف وفقا لاثنين وثلاثين خاصية؛ الأمر الذي أصابهم بالارتباك. وعلى هذا، يعاني أسلوب التصنيف من صعوبة معالجة كم كبير من المعلومات وتصنيفها وفقاً لأهميتها " (Jahanbin, Semco, 2015, pp. 24-25).

وساعدت أداة التحليل المدمج/المشترك العديد من الشركات في اتخاذ القرارات المتصلة بتصميم المنتجات الجديدة، وتسعير المنتجات، وفتح المعارض في المواقع المختلفة، والتسويق. وتعتمد هذه القرارات بقوة على تقديرات قيمة كل منتج. ونظرا للتنوع الشديد والتعقيد المتزايد لبيئة التسوق تهتم الشركات بقوة بنمذجة وفهم العمليات الفعلية التي يوظفها الأفراد عند المفاضلة بين المنتجات المختلفة. وعلى الرغم من هيمنة التسويق على الأبحاث التي أجريت

باستخدام أداة التحليل المدمج/المشترك، إلا أنه من المتوقع أن تزداد المجالات التي تستخدم فيها هذه الأداة في السنوات القليلة القادمة. وقد شهد العقدان الماضيان اهتماما كبيرا من قبل علماء الاقتصاد السلوكي بتقدير قيمة مؤشرات الدوال الاقتصادية واحتمالات تباين هذه القيمة، ودراسة "نظرية الاحتمالية التراكمية"(Cumulative Prospect Theory). وتسمح هذه التقديرات بدراسة العلاقة بين المؤشرات التي تمثل تجنبا للخسائر أو تجنبا للمخاطر وبين الخصائص الفردية مثل السن والدخل والتعليم، أو بين هذه المؤشرات وبين السلوك.

ت) نظرية الألعاب (Game Theory)

تستخدم أداة نظرية الألعاب في التنبؤ بالمستقبل وفي تحسين عملية البحث عن حلول بديلة (Armstrong, J. Scott, 2002, pp. 349-350). وتهتم نظرية الألعاب بدراسة التفاعلات بين مجموعة من الأفراد أو الشركات أو الحكومات عندما تؤثر أفعال كل فرد على نتيجة مهمة للجميع. ولكن هذا وحده ليس كافيا لكون الموضوع يستحق الدراسة من خلال نظرية الألعاب؛ حيث يجب توافر شرط آخر وهو أن يتصرف الأفراد بطريقة استراتيجية؛ أي يجب أن يدركوا حقيقة أن أفعالهم تؤثر على الآخرين. ولهذا يشير الباحثون إلى أن نظرية الألعاب تدرس التفاعلات الاستراتيجية بين مجموعة من الأفراد. ونحن نقصد بالتفاعل الاستراتيجي معرفة الأفراد أن لتصرفاتهم تأثير على الآخرين، وبالتالي فهم يتصرفون وفقا لهذه المعرفة وفي ضوئها (Kockesen, Levent; & Ok, Efe A., 2007, p. 6).

وتهدف نظرية الألعاب إلى تنظيم معارفنا وزيادة درجة فهمنا للعالم الخارجي. ونظرية الألعاب هي نظرية علمية تهدف إلى تجريد أهم الجوانب في موقف معين، وتحليل هذه الجوانب من خلال استخدام افتراضات وإجراءات معينة، ثم اشتقاق مبادئ عامة وتنبؤات يمكن تطبيقها على المواقف المشابهة. ويتطلب استخدام نظرية الألعاب في التنبؤ بالمستقبل صياغة عدد من القواعد التي يجب أن يتصرف الأفراد في ضوئها. وبدون وصف أنماط الأفراد السلوكية، وأهدافهم، وكيفية سعيهم لتحقيق هذه الأهداف لا يستطيع الباحثون صياغة أيه تنبؤات. وتقوم هذه النظرية على افتراض أن الأفراد يتصفون في تصرفاتهم بالعقلانية. ونقصد بالعقلانية أن لكل فرد أهداف محددة بوضوح للوصول إلى نتائج ممكنة، وأنه يبذل قصارى جهده لتحقيق هذه الأهداف (Kockesen, Levent; & Ok, Efe A., 2007, pp. 6-7).

وقد اتسع مفهوم وتطبيقات نظرية الألعاب منذ الخمسينيات من القرن العشرين ليشمل تحليل القضايا في مجالي الحرب والسياسة. وقد أحدثت نظرية الألعاب منذ سبعينيات القرن العشرين ثورة في التنظير الاقتصادي. وبمرور الوقت أخذت نظرية الألعاب طريقها لمجالات علم الاجتماع وعلم النفس وعلم الأحياء. وقد ازداد اهتمام الباحثين بهذه النظرية بعد حصول "ناش وجون هارساني ورينهارد سيلتين" (Nash; John Harsanyi; & Reinhard, Selten) على جائزة نوبل في الاقتصاد في عام ١٩٩٤.

"وقد صمم علماء الاقتصاد الرياضي " النماذج المعرفية لنظرية الألعاب" (Epistemic Models in Game Theory) في إطار سعيهم لصياغة سبل ممكنة يستطيع من خلالها اللاعبون التفكير في تصرفات منافسيهم" (Perea, Andres, 2007, p. 2). وتتخذ النماذج المعرفية لنظرية الألعاب منظور بايزي موسع (Bayesian Perspective) حول صناعة القرار في المواقف الاستراتيجية. وبعبارة أخرى فإن النماذج المعرفية لنظرية الألعاب هي محاولة لرد نظرية صناعة القرارات إلى أصولها. ويعد الأفراد أصحاب التفضيلات هم وحدات صناعة القرار. ونظرا لأن تأثيرات تصرف معين يعتمد على حالة البيئة، فإن معتقدات صانع القرار المتصلة بحالة البيئة تعد عوامل مهمة لتقويم مدى عقلانية قرار بعينه. وبالتالي، فإن الوصف الرسمي لمشكلة تتصل بالقرارات تتضمن النواتج الممكنة، وأحوال البيئة، وتفضيلات صانع القرار بخصوص هذه النواتج، ووصف معتقدات

صانع القرار المتصلة. وتستخدم قاعدة الاختيار بين القرارات المختلفة في تقديم توصيات لصانع القرار عن القرار الأمثل الذي ينبغي اتخاذه(Pacuit, Eric; & Roy, Olivier, 2017, pp. 1-10) .

وتعد النماذج المعرفية لنظرية الألعاب والنظم المنطقية التي تساندها أموراً مهمة لفهم السلوك العقلاني في المواقف التفاعلية التي تعتمد فيها النواتج على سلوك الفرد وعلى سلوك الأفراد الآخرين الذين يتعاملون معه. ويدرس الباحثون في العديد من المجالات مثل هذه المواقف التفاعلية؛ أي ألعاب الاستراتيجية. وتمثل النماذج المعرفية لنظرية الألعاب الأسس المعرفية لحلول الألعاب باعتبارها مجموعة من الاستراتيجيات العقلانية التي يلجا إليها كل فرد مشارك في اللعبة. وتدرس هذه النماذج معتقدات كل لاعب مشارك في اللعبة، وتظهر كيفية تأثير معتقداتهم على اختياراتهم، وتحدد نهاية هذه اللعبة. ويضفي تبني نموذج بايزي الرياضي/الإحصائي (Bayesian Account of Probability) مسحة من العقلانية على النماذج المعرفية لنظرية الألعاب. وتختلف النماذج المعرفية لنظرية الألعاب عن النماذج التطورية لنظرية الألعاب (Evolutionary Game Theory). وفي حين تهتم النماذج المعرفية لنظرية الألعاب بكيفية تفكير المشاركون في اللعبة بصورة استراتيجية، تركز النماذج التطورية لنظرية الألعاب على دراسة الكائنات غير العاقلة مثل البكتريا.

وقد انتشر استخدام أداة نظرية الألعاب بقوة في مختلف المجالات. "وبحلول شهر مايو من عام ٢٠١٧ كانت هناك ٤٥ ألف دراسة وظفت هذه الأداة في موقع "جوجل سكولر" (Armstrong, J. Scott; & Green, Kesten C. 2017, p. 26). وعلى الرغم من أن نظرية الألعاب تتمتع بقدر كبير من الحدس فيها، إلا أن عدد الدراسات المقارنة التي استخدمت نظرية الألعاب في التنبؤ قليلة.

ث) نماذج الانتشار (Diffusion Models)

وتفترض نماذج الانتشار أن السلسلة الزمنية سوف تبدأ ببطء، ثم تزداد قيمها بسرعة، ثم تبطئ، وبالتدريج تصل إلى مستوى التشبع. وتتمتع هذه الأداة بقبول كبير لدى مستخدميها لأنها تتيح لهم رؤية المسار التاريخي للظاهرة مثل التطور التاريخي لمبيعات الحاسبات الآلية. وعلى الرغم من العدد الكبير للبحوث التي أجريت حول نماذج الانتشار، إلا أنه يوجد عدد قليل من الاختبارات التي تقيس درجة دقة التنبؤات الناجمة عن هذه الأداة، كما أن لهذه الاختبارات نتائج مختلفة.

"وكان "فرانك باس" (Frank Bass) هو أول من أثبت أنماط الانتشار على شكل حرف "إس" (S) بصورة تحليلية وإمبريقية. وقد برهنت البحوث التي أجريت في العقود الأخيرة على الفائدة القصوى لنموذج "فرانك باس" في وصف مبيعات المنتجات وللتنبؤ بها عبر الأزمنة المختلفة. ويحلل هذا النموذج فئتين: المجددون الذين يهتمون بالأشياء الجديدة وبالتالي فهم أول من ينفذون الابتكارات، والمقلدون الذين ينفذون القرارات التي يتخذها آخرون في السلم الاجتماعي " (Cronrath, Eva-Maria; & Zock, Alexander, n.d., p. 2). وتستخدم نماذج الانتشار لنمذجة التطور الزمني للمبيعات الأولية للمنتجات الجديدة، وللتنبؤ بتطور عملية الانتشار. وهناك عدد كبير من النماذج الرياضية التي تستخدم كنماذج للانتشار. وتتسم الدراسات التقويمية التي أجريت عن دقة هذه النماذج في التنبؤ بالمستقبل وعن العوامل المؤثرة على الأخطاء في التنبؤ بقلة عددها.

"والافتراض الأساسي عند بناء نموذج "باس" هو أن احتمالات شراء سلعة معينة تحدث عند النقطة الزمنية (ت)،علما بأن عدم إجراء أيه عمليات شراء يمثل دالة خطية لأعداد المشترين السابقين. وتتضمن البنية المفاهيمية لهذا النموذج وجود المجددين والمقلدين. وعندما يتم طرح المنتجات أو المستحدثات التكنولوجية الجديدة تقل أعداد المجددين، في حين تزداد أعداد المقلدين نتيجة للاتصالات الشفهية التي تمنح المقلدين تأثيرا قويا عند شراء أعداد كبيرة من المستهلكين

هذه المنتجات الجديدة. وبالتالي، فإن التأثيرات الداخلية تزيد من أعداد المستخدمين إلى القمة ثم تقل أعدادهم بصورة تدريجية مع تشبع السوق بهذه السلعة'' (Ismail, Zuhaimy; & Abu, Noratikah, 2013, p. 537).

وقد قارن "سيك وزاجار وكورديك" (Cik; Zagar; & Kordic) بين أربعة نماذج للانتشار تم تطبيقها على خدمة الإنترنت الثابتة في جمهورية كرواتيا. وهذه النماذج الأربعة هي: نموذج "باس"، ونموذج "جومبيرتز" (Gompertz)، والنموذج "اللوجيستي" (Logistic)، ونموذج "ريتشاردز" (Richards). وقد خلصت دراسة "سيك وزاجار وكورديك" إلى تفوق القدرات التنبؤية لنموذج "جومبيرتز" ونموذج "باس" على القدرات التنبؤية للنموذج "اللوجيستي"ونموذج "ريتشاردز". وبالإضافة إلى هذا، فإن نموذج "جومبيرتز" يعطي أكثر التنبؤات دقة وصرامة في مرحلة البدء في تسويق السلعة ونمو الطلب عليها، في حين أن نموذج "باس" يعطي أكثر القدرات التنبؤية دقة وصرامة في مرحلة النضج . وأشار "وو وتشو" (Wu & Chu) إلى أن نموذج "جومبيرتز" يتفوق على نماذج الانتشار الأخرى في مرحلة ما قبل البدء في تسويق السلعة (Sudtasan, Tatcha; & Mitomo, Hitoshi, 2017, p. 3).

وعلى هذا، فإن نماذج الانتشار التكنولوجي أداة مفيدة جداً تساعد الشركات على صياغة خطط استراتيجية قابلة للتنفيذ، وقادرة على تحقيق الميزة التنافسية لهذه الشركات. وتعتمد نماذج الانتشار على معادلات رياضية تم تطبيقها في تخصصات علم الأحياء، وعلم الأوبئة، وعلم البيئة. ثم قدم "باس" نموذجه التحليلي والإمبريقي للانتشار على شكل "إس" (S) مؤكداً على أهمية العوامل التجديدية/الابتكارية وعوامل التقليد. وعلى الرغم من بساطة النموذج الذي قدمه "باس" ، إلا أنه شاع انتشاره واستخدامه في تحليل الاتجاهات المستقبلية في تخصصات مثل: الإدارة، والسياسات، والاقتصاد، والتسويق. وقد تم تطوير نموذج "باس" بهدف استخدامه للتنبؤ في انتشار التكنولوجيا المختلفة. وبمرور الوقت ظهرت نماذج أخرى مثل نموذج "جومبيرتز" (Gompertz)، والنموذج "اللوجيستي"، ونموذج "ريتشاردز".

كيف نستفيد من النماذج التنبؤية في مصر

١) تأسيس خزانات للفكر (Think Tanks) ومراكز بحثية متخصصة في الدراسات المستقبلية.

٢) إعداد كوادر بحثية قادرة على صياغة رؤي مستقبلية، وماهرة في بناء المستقبلات البديلة، وتتقن توظيف النماذج الاستشرافية المستخدمة في التنبؤ بالمستقبل (Coote, Jennifer, 2012, p. 108).

٣) توظيف النماذج التنبؤية في تقويم النظريات العلمية؛ حيث يمكن الاستفادة من النماذج الرياضية في اختبار صحة فروض النظريات العلمية، وتطبيق اختبارات الدلالة الإحصائية (Gleditsch Kristian Skrede; & Ward, Michael D., 2013, p. 29).

٤) إدخال النماذج الرياضية والإحصائية المستخدمة في التنبؤ بالمستقبل ضمن مناهج أقسام الرياضيات والفيزياء والكيمياء والأحياء بكليات العلوم والتربية. "ويدعو "زاهانج جاأوجون وزملاؤه" إلى الاهتمام بتدريس السلاسل الزمنية الحديثة، والأخطاء التنبؤية، والتقريب الأسي، ونماذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك (ARIMA) بصورها المختلفة" (Zhang, Gaojun et al., 2017, pp. 1498-1500).

٥) الاهتمام بتدريس نماذج الدوال الخطية اللوغاريتمية (Log-Linear Models) على مستوى مرحلتي البكالوريوس والدراسات العليا (Song, Gang Li; & Witt, Stephen F., 2005, pp. 88).

٦) ضرورة مراعاة السياقات التي تستخدم فيها النماذج الرياضية حتى لا نقع في خطأ الإزاحة من وجهة نظر العالم "ستيف راينار" (Steve Rayner). ونقصد بخطأ الإزاحة أن يصبح

النموذج الرياضي غاية بدلاً من كونه وسيلة. ويحدث ذلك عندما تهتم المؤسسات البحثية بمراقبة وإدارة نواتج النموذج الرياضي بدلاً من الاهتمام بتحليل ما يحدث في الواقع (Saltelli, Andrea; & Giampietro, Mario, 2017, p. 67).

٧) يجب دراسة النماذج التنبؤية في إطار شامل لفهم نظرية المعقدات (Complexity Theory)؛ حيث تهتم نظرية المعقدات بإعادة تعريف العلم بعيدا عن الهدف المثالي للعلم وهو التنبؤ والتحكم، وبعيدا عن الافتراض بأن النظم يمكن وصفها وفهمها بدرجة كبيرة من خلال ملاحظة الآليات التي تحكم سلوك هذه النظم. وعلى هذا، تنتقد نظرية المعقدات الافتراض بأن الملاحظة لا تحتاج إلى تفسير من قبل الباحث/المحلل. وتؤكد نظرية المعقدات على أهمية مفاهيم اللاخطية، وعدم القابلية للتنبؤ، والخلق الذاتي (Autopoiesis)، والنظم المتكيفة (Adaptive Systems)، ووجود مقاييس مختلفة للتحليل، ولوصف سلوك النظم (Kovacic, Zora, 2017, p. 81).

٨) الاستفادة من النماذج الحديثة لأسلوب دلفي مثل "سياسات دلفي" (Policy Delphi)، وأداة "سياسات دلفي التحليلية "(Disaggregative Policy Delphi))، والسعي لفهم أسباب الاختلاف بين آراء الخبراء (Toppinen, Anne; Patari, Satu; Tuppura, Anni; & Jantunen, Ari, 2017, pp. 4-6).

٩) ضرورة إجراء المزيد من الأبحاث حول أوجه القوة ونقاط الضعف في النماذج الإسقاطية، ومقارنة النماذج الإسقاطية بالنماذج القائمة على حكم الخبراء (Cameron, Laura; & Potvin, Catherine, 2016, pp. 37-38).

الخلاصة والتوصيات

استهدف البحث الراهن تحليل أبرز النماذج التنبؤية الواردة في الأدبيات العالمية المتصلة باستشراف المستقبل. وقد توصل البحث إلى النتائج التالية:

١) ضرورة دراسة أسلوب دلفي، والتنبؤ من خلال الدراسة المستعرضة/المقطعية، والسلاسل الزمنية، والتنبؤ باستخدام البيانات المستعرضة/المقطعية، والتنبؤ باستخدام بيانات السلاسل الزمنية، والتنبؤ باستخدام أدوات لم يتم تقويم درجة فاعليتها.

٢) ضرورة المزج بين أداة التعديلات في أحكام الخبراء وبين النماذج الإحصائية الرياضية وبرامج الحاسوب الرياضية للوصول إلى تنبؤات أكثر دقة عن المستقبل واستشرافات أقل خطأ.

٣) ضرورة تأسيس مراكز بحثية متخصصة لاستشراف المستقبل في مصر.

٤) ضرورة استخدام أساليب 'بوكس-جينكينز' ، والشبكات العصبية، ونظرية الألعاب في التنبؤ بالمستقبل.

٥) تتضمن الدراسات المستقبلية التنبؤية إعادة صياغة وتقويم المستقبلات البديلة بهدف زيادة معدلات تحكم البشر في المستقبل.

٦) يبدو تحكم البشر في المستقبل مهدداً في الوقت الحاضر نتيجة للعديد من الإشكاليات السياسية والاقتصادية والبيئية. وبالتالي أصبح المستقبل يتصف بدرجة أكبر من الغموض واللايقين. وأصبح هناك تأكيد متزايد على إمكانية وقوع أحداث طارئة ومفاجئة وغير متوقعة، كما أصبح علماء بحوث المستقبلات يؤكدون على وجود مستقبلات عديدة بديلة، وأصبحوا أكثر تواضعاً عند نظرتهم لإمكانية التنبؤ بالمستقبل.

٧) في ظل التعقيدات المتزايدة للظواهر المجتمعية وتحديات الاستدامة البيئية أصبحنا أقل ثقة في التنبؤات الرياضية القائمة على الاسقاطات الخطية.

وقد خلص البحث الراهن إلى ضرورة تنفيذ عدد من التوصيات. ومن أهم هذه التوصيات ما يلي:

١) تأسيس خزانات للفكر ومراكز متخصصة للتنبؤ بالمستقبل في مختلف التخصصات.

٢) إرسال البعثات إلى الدول المتقدمة بهدف تأهيل الكوادر المصرية في مجال النماذج التنبؤية وبحوث المستقبلات.

٣) تطوير مناهج الرياضيات والعلوم في أقسام الرياضيات والفيزياء والكيمياء والأحياء في كليات العلوم والتربية وذلك لإدخال النماذج التنبؤية الكمية والكيفية ضمن الخطط الدراسية لهذه الأقسام.

٤) دراسة النماذج التنبؤية في إطار شامل لفهم نظرية المعقدات.

٥) تدريب الباحثين وطلاب الدراسات العليا على كيفية استخدام النماذج الحديثة لأسلوب دلفي.

٦) ضرورة إجراء المزيد من الدراسات المقارنة حول مدى فاعلية النماذج المختلفة المستخدمة في التنبؤ بالمستقبل.

خاتمة

تناول البحث الراهن عدداً من أشهر الأدوات المستخدمة في التنبؤ بالمستقبل. وهذه الأدوات هي: ١) أسلوب دلفي. ٢) الدراسة المستعرضة/المقطعية من خلال النماذج السببية للتنبؤ. ٣) الدراسة المستعرضة/المقطعية من خلال حكمة الخبراء بدون الاعتماد على عوامل خارجية. ٤) الدراسة المستعرضة/المقطعية من خلال حكم الخبراء المقنن. ٥) التنبؤ باستخدام السلاسل الزمنية من خلال النماذج السببية. ٦) التنبؤ باستخدام السلاسل الزمنية من خلال الاتجاه المعتدل. ٧) أداة التبعية السببية. ٨) التفاعل الذي تتم محاكاته. ٩) القياس المقنن. ١٠) تحليل القضايا بناء على حكم الخبراء. ١١) أداة التجزئة. ١٢) التعديلات بناء على حكم الخبراء. ١٣) التنبؤ القائم على القواعد. ١٤) التحليل بواسطة العوامل السببية. ١٥) عوامل التباينات الدورية التي يتم تقريبها. ١٦) التنقيب في البيانات. ١٧) الشبكات العصبية. ١٨) أساليب 'بوكس-جينكينز'. ١٩) التنبؤ بالمعلومات المتصلة بالأسواق. ٢٠) التحليل المدمج/المشترك. ٢١) نظرية الألعاب. ٢٢) نماذج الانتشار.

وأوضح البحث كيفية الاستفادة من هذه النماذج التنبؤية في مصر. وقد خلص البحث إلى عدد من النتائج. ومن أهم هذه النتائج ضرورة المزج بين الأدوات المختلفة للتنبؤ، وأهمية توظيف النماذج الكمية والأساليب الكيفية معا في التنبؤ بالمستقبل. وانتهي البحث بعدد من التوصيات المتصلة بتفعيل آليات الاستفادة من هذه النماذج في الجامعات ومراكز الأبحاث المصرية.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

١) توفيق، صلاح الدين محمد. (٢٠٠٣). " المحاكاة وتطوير التعليم". **مستقبل التربية العربية**. المجلد ٩. العدد ٢٩. إبريل ٢٠٠٣.

٢) الجدري، على سعيد أحمد سعيد. (٢٠١٦). "فاعلية رياضيات نظرية الفوضى في تنمية مهارات التفكير الناقد لدي الطلبة المعلمين بكليات التربية في اليمن". **مجلة العلوم التربوية بكلية التربية-جامعة عين شمس**. المجلد ٤٠. العدد ٤ (أ). ٢٠١٦.

٣) حلمي، فؤاد أحمد وقدري، خالد. (٢٠١٧). النماذج التنبؤية في التعليم. القاهرة: المركز القومي للبحوث التربوية والتنمية.

٤) الحوت، محمد صبري. (١٩٨٦). " النماذج الرياضية كأداة للتخطيط التربوي". **مجلة كلية التربية بالزقازيق- كلية التربية- جامعة الزقازيق**. المجلد الأول. العدد الأول. يناير ١٩٨٦.

٥) زاهر، ضياء الدين. (٢٠٠١). "منتدي عربي للفكر المستقبلي: إطار للتأمل". **مستقبل التربية العربية**. المجلد ٧. العدد ٢٣. أكتوبر ٢٠٠١.

٦) زاهر، ضياء الدين. (٢٠٠٢). " أسلوب دلفي: أحكام الخبراء وخبرة الحكماء". **مستقبل التربية العربية**. المجلد ٨. العدد ٢٤. يناير ٢٠٠٢.

ثانياً: المراجع الأجنبية

1) Abigail, R. Colson; Adhikari, Sweta; Sleemi, Ambereen; Laxminarayan, Ramanan. (2017). **"Quantifying Uncertainty in Intervention Effectiveness with Structured Expert Judgement: An Application to Obstetric Fistula"**. BMJ Open. Vol. 5. 2017.

2) Adhikari, Ratnadip; & Agrawal, R. K. (n.d.). **An Introductory Study on Time Series Modeling and Forecasting**. Ithaca, NY: arXiv.

3) Adya, M., Collopy, F., Armstrong, J. S., & Kennedy, M. (2001). "Automatic Identification of Time-Series Features for Rule-based Forecasting". International **Journal** of Forecasting. Vol. 17. No. 2. April 2001.

4) Allen, Geoffrey; & Fildes, Robert. (2001). **"Econometric Forecasting". In: Armstrong, J. Scott. (Ed.). Principles of Forecasting**: A Handbook for Researchers and Practitioners. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.

5) Alvarado-Valencia, Jorge; Barrero, Lope H.; Onkal, Dilek; Dennerlein, Jack T. (2017). Expertise, Credibility of System Forecasts and Integration Methods In Judgmental Demand Forecasting. International **Journal** of Forecasting. Vol. 33. No. 1. January-March 2017.

6) Andersen, P. D.; Dahl Andersen, A.; Jensen, P. A.; & Rasmussen, B. (2014). "**Sectoral Innovation System Foresight in Practice**: Nordic Facilities Management Foresight". Futures. Vol. 61. September 2014.

7) Armstrong J. Scott; Green, Kesten C.; & Graefe, Andreas. (February 2014). **Golden Rule of Forecasting**: Be Conservative. Munich: Munich Personal RePEc Archive.

8) Armstrong, J. Scott. (2001). **"Judgmental Bootstrapping:** Inferring Experts' Rules for Forecasting". In: Armstrong, J. Scott. (Ed.). Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.
9) Armstrong, J. Scott. (2002). "Assessing Game Theory, Role Playing, and Unaided Judgement". International **Journal** of Forecasting. Vol. 18. No. 3. July-September 2002.
10) Armstrong, J. Scott; & Collopy, Fred. (1992). "Error Measures for Generalizing About Forecasting Methods: Empirical Comparisons". International **Journal** of Forecasting. Vol. 8. No. 1. June 1992.
11) Armstrong, J. Scott; & Green, Kesten C. (May 2017). Demand Forecasting II**: Evidence-Based Methods and Checklists**. Philadelphia, PA: University of Pennsylvania.
12) Armstrong, J. Scott; & Green, Kesten C. (November 2017). **Forecasting Methods and Principles**: Evidence-Based Checklists. Philadelphia, PA: University of Pennsylvania.
13) Bahia, Itedal Sabri Hashim. (2013). "Using Artificial Neural Network Modeling in Forecasting Revenue: Case Study in National Insurance Company/Iraq". International **Journal** of Intelligence Science. Vol. 3. No. 3. July 2013.
14) Bell, Wendell. (1996). **Foundations of Futures Studies:** Human Science for a New Era Vol. 1. New Brunswick, NJ: Transaction Pubs.
15) Berk, Richard et al. (November 2012). What You Can Learn From Wrong Causal Models. Philadelphia, PA: **University of Pennsylvania**.
16) Bontoux, Laurent; Bengtsson, Daniel; Rosa, Aaron; & Sweeney, John. (2016)." The JRC Scenario Exploration System - From Study to Serious Game". **Journal** of Futures Studies. Vol. 20. No. 3. March 2016.
17) Cameron, Laura; & Potvin, Catherine. (2016). **"Characterizing Desired Futures of Canadian Communities"**. Futures. Vol. 82. September 2016.
18) Coote, Jennifer. (2012). "A Simple Guide to Futurewatching". **Journal** of Futures Studies. Vol. 16. No. 3. March 2012.
19) Crevits, Ruben; & Croux, Christophe. (September 2016). **Forecasting with Robust Exponential Smoothing with Damped Trend and Seasonal Components**. Leuven: Catholic University Leuven.
20) Crone, Sven; Hibon, Michele; & Nikolopoulos, Konstantinos. (2011). "Advances in Forecasting With Neural Networks? Empirical Evidence From The NN3 Competition on Time Series Prediction". International **Journal** of Forecasting. Vol. 27. No. 3. July- September 2011.

21) Cronrath, Eva-Maria; & Zock, Alexander. (n.d.). Forecasting The Diffusion of Innovations by Analogies: **Examples of The Mobile Telecommunication Market. Mannheim**: University of Mannheim.

22) Cuhls, Kerstin. (2003). "From Forecasting to Foresight Processes—New Participative Foresight Activities in Germany". **Journal** of Forecasting. Vol. 22. Nos. 2 &3. March-April 2003.

23) Dana, Jason; & Dawes, Robyn M. (2004). "The Superiority of Simple Alternatives to Regression for Social Science Predictions". **Journal** of Educational and Behavioral Statistics. Vol. 29. No. 3. Fall 2004.

24) David, Bengston; & Olson, Robert L. (2015). "Asynchronous Online Foresight Panels: The Case of Wildfire Management". **Journal** of Futures Studies. Vol. 19. No. 4. June 2015.

25) De Baets, Shari; Vanderheyden, Karlien; & Buelens, Marc. (2013). **Judgment in Forecasting:** Moving from Artificial Experiments to The Organizational Environment. Leuven: Vlerick business School.

26) Dixon, Matthew; Klabjan, Diego; & Bang, Jin Hoon. (July 2016). **Classification-based Financial Markets Prediction Using Deep Neural Networks**. Ithaca, NY: arXiv.

27) Fildes, Robert; & Goodwin, Paul. (2003). **The Design Features of Forecasting Support Systems and Their Effectiveness.** Working Paper 2003/066. Lancaster: Lancaster University Management School.

28) Fildes, Robert; Goodwin, Paul; Lawrence, Michael; & Nikolopoulos, Konstantinos. (2009). "Effective Forecasting and Judgmental Adjustments: An Empirical Evaluation and Strategies for Improvement in Supply-chain Planning". International **Journal** of Forecasting. Vol. 25. No. 1. January-March 2009.

29) Gardner Jr., Everette S.; & Diza-Saiz, Joaquin. (2008). "Exponential Smoothing in The Telecommunications Data". International **Journal** of Forecasting. Vol. 24. No. 1. January-March 2008.

30) Gardner, Jr., Everette S.; & McKenzie, Eddie. (2009). Why The Damped Trend Works. Houston, TX: **University of Houston**.

31) Gardner, Jr., Everette S.; & McKenzie, Eddie. (2011). "Why The Damped Trend Works". **Journal** of the Operational Research Society. Vol. 62. No. 6. June 2011.

32) Gleditsch Kristian Skrede; & Ward, Michael D. (2013). "Forecasting is Difficult, Especially about The Future: Using Contentious Issues to Forecast Interstate Disputes". **Journal** of Peace Research. Vol. 50. No. 1. January 2013.

33) Goodwin, Paul. (2015). Is A More Liberal Approach to Conservatism Needed in Forecasting?. Bath: **University of Bath.**

34) Goodwin, Paul; & Wright, George. (2010). **"The Limits of Forecasting Methods in Anticipating Rare Events"**. Technological Forecasting and Social Change. Vol. 77. No. 3. March 2010.
35) Gorr, Wilpen; Olligschlager, Andreas; Thompson, Yvonne. (2003). "Short-term Forecasting of Crime". International **Journal** of Forecasting. Vol. 19. No. 4. October-December 2003.
36) Green, Kesten C.; & Armstrong J. Scott. (2007). "Structured Analogies for Forecasting". International **Journal** of Forecasting. Vol. 23. No. 3. July–September 2007.
37) Grove, William M. (2005). "Clinical Versus Statistical Prediction: The Contribution of Paul Meehl". **Journal** of Clinical Psychology. Vol. 61. No. 10.
38) Groves, Christopher. (2017). **"Emptying The Future: On The Environmental Politics of Anticipation"**. Futures. Vol. 92. September 2017.
39) Havas, Attila; Schartinger, Doris; & Weber, Matthias. (2010). "**The Impact of Foresight on Innovation Policy-making**: Recent Experiences and Future Perspectives". Research Evaluation. Vol. 19. No. 2. June 2010.
40) Helbin, Dirk; & Balietti, Stefano. (n. d.). **From Social Data Mining to Forecasting Socio-Economic Crises**. Zurich: Swiss Federal Institute of Technology in Zurich.
41) Hiltunen, Elina. (2011). "Crowdsourcing the Future: The Foresight Process at Finpro". **Journal** of Futures Studies. Vol. 16. No. 1. September 2011.
42) Horn, Beth; & Huang, Wei. (2016). **Comparison of Segmentation Approaches**. Arlington, TX: Decision Analyst.
43) Inayatullah, Sohail. (2013). "Using Gaming to Understand The Patterns of The Future. The Sarkar Game in Action". **Journal** of Futures Studies. Vol. 18. No. 1. September 2013.
44) Inayatullah, Sohail. (2017). "**Macrohistory and Timing The Future As Practice".** World Future Review. Vol. 9. No. 1. March 2017.
45) Ismail, Zuhaimy; & Abu, Noratikah. (2013). "New Car Demand Modeling And Forecasting Using Bass Diffusion Model". American **Journal** of Applied Sciences. Vol. 10. No. 6.
46) Jahanbin, Semco. (May 2015). "The Impact of Consumer and Product Characteristics on Change in Attribute-Weights over Time and its Implications for New Product Sales Forecasting Using Choice-based Conjoint Analysis". **PhD** Submitted to School of Management at University of Bath. Bath: University of Bath.

47) Johnston, R. (2008). **"Historical Review of the Development of Future-Oriented Technology Analysis"**. In: C. Cagnin et al. (Eds.) Future-Oriented Technology Analysis. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

48) Jorgensen, Magne. (2007). **Forecasting of Software Development Work Effort**: Evidence on Expert Judgment and Formal Models. Fornebu: Simula Research Laboratory.

49) Jum, Seung-Pyo; Sung, Tae-Eung; Park, Hyum-Woo. (2017). "**Forecasting By Analogy Using The Web Search Traffic**". Technological Forecasting and Social Change. Vol. 115. February 2017.

50) Klenk, Nicole L.; & Hickey, Gordon M. (2011). "A Virtual and Anonymous, Deliberative and Analytic Participation Process for Planning and Evaluation: The Concept Mapping Policy Delphi". International **Journal** of Forecasting. Vol. 27. No. 1. January–March 2011.

51) Kockesen, Levent; & Ok, Efe A. (July 2007). **An Introduction to Game Theory**. New York, NY: New York University.

52) Kovacic, Zora. (2017). **"Investigating Science For Governance Through The Lenses of Complexity"**. Futures. Vol. 91. August 2017.

53) Kunseler, Eva-Maria; Tuinstra, Willemijn; **Vasileiadou, Eleftheria; & Petersen, Arthur**. (2015). "The Reflective Futures Practitioner: Balancing Salience, Credibility and Legitimacy in Generating Foresight Knowledge with Stakeholders". Futures. Vol. 66. February 2015.

54) Landeta, Jon. (2006). **"Current Validity of the Delphi Method in Social Sciences"**. Technological Forecasting and Social Change. Vol. 73. No. 5. June 2006.

55) Levallois, Clement. (August 2017). **Segmentation Between Marketing and Data Science.** San Francisco, CA: GitHub.

56) Li, Qinyun; Disney, Stephen M.; & Gaalman, Gerard. (2014). "Avoiding The Bullwhip Effect Using Damped Trend Forecasting and The Order-Up-To Replenishment Policy". International **Journal** of Production Economics. Vol. 149.

57) Martínez-Álvarez, Francisco; Troncoso, Alicia; Asencio-Cortés, Gualberto; & Riquelme, José C. (2015). **"A Survey on Data Mining Techniques Applied to Electricity-Related Time Series Forecasting"**. Energies. Vol. 8. November 2015.

58) Miller, D. M., & Williams, D. (2004). "Damping Seasonal Factors: Shrinkage Estimators for The X-12ARIMA Program". International **Journal** of Forecasting. Vol. 20. No. 4. 2004.

59) Miller, Riel. (2007). "**Futures Literacy**: A Hybrid Strategic Scenario Method". Futures. Vol. 39. No. 4. May 2007.

60) Miller, Riel; Poli, Roberto; & Rossel, Pierre. (September 2014). **"The Discipline of Anticipation**: Exploring Key Issues". In: Miller, Riel et al. (2014). Networking to Improve Global/Local Anticipatory Capacities - A Scoping Exercise. Narrative Report. Paris: UNECSO.

61) Mimoun-Sorel, Marie-Laure. (2016). "Adopting a Transdisciplinary Attitude in The Classroom, to Create a Viable Future". **Journal** of Futures Studies. Vol. 20. No. 3. March 2016.

62) Motti, Victor Vahidi; & Masoumi, Mahestan. (2016). "An Operational Process for Organizational Foresight and Anticipation". **World Future Review**. Vol. 8. No. 2. June 2016.

63) Onkal, Dilek; Gonul, M. Sinan; Goodwin, Paul; Thomson, Mary; & Oz, Esra. (2017). "Evaluating Expert Advice In Forecasting: Users' Reactions To Presumed Vs. Experienced Credibility". **International Journal of Forecasting**. Vol. 33. No. 1. January-March 2017.

64) Oracle Corporation. **(n.d.). Predictive Planning Forecasting and Statistical Descriptio**ns. Redwood City, CA: Author.

65) Pacuit, Eric; & Roy, Olivier. (2017). **"Epistemic Foundations of Game Theory".** In: Edward N. Zalta (Ed.). The Stanford Encyclopedia of Philosophy. (Summer 2017 Edition). Stanford, CA: Metaphysics Research Lab, Stanford University.

66) Pathak, Deepak; Rothschild, David; & Dudik, Miroslav. (2015). "A Comparison of Forecasting Methods: Fundamentals, Polling, Prediction Markets, and Experts". The **Journal** of Prediction Markets. Vol. 9. No. 2.

67) Perea, Andres. (2007). **An Epistemic Course in Game Theory**. Jena: Max Planck Institute of Economics.

68) Ramos, Jose; Mansfield, Tim; & Priday, Gareth. (2012). "Foresight in a Network Era: Peer-producing Alternative Futures". **Journal** of Futures Studies. Vol. 17. No. 1. September 2012.

69) Saltelli, Andrea; & Giampietro, Mario. (2017). **"What Is Wrong With Evidence-based Policy, and How Can It Be Improved"**. Futures. Vol. 91. August 2017.

70) Sarstedt, Marko. (2008). "Market Segmentation with Mixture Regression Models: Understanding Measures that Guide Model Selection". **Journal** of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing. Vol. 16. No. 3. June 2008.

71) Song, Gang Li; & Witt, Stephen F. (2005). "Recent Developments in Econometric Modeling and Forecasting". **Journal of Travel Research**. Vol. 44. No. 1. August 2005.

72) Sudtasan, Tatcha; & Mitomo, Hitoshi. (2017). **"Comparison of Diffusion Models for Forecasting the Growth of Broadband Markets in Thailand".** Paper Presented at The 14th International Telecommunications Society (ITS) Asia-Pacific Regional Conference entitled: Mapping ICT into Transformation for the Next Information Society from 24th to 27th June 2017. Kyoto, Japan: The 14th International Telecommunications Society (ITS) Asia-Pacific Regional Conference.

73) Swanson, Norman R.; Urbach, Richard. (2013). **Prediction and Simulation Using Simple Models Characterized by Nonstationarity and Seasonality**. New Brunswick, NJ: Rutgers University.

74) Timothy E. Dolan. (2017). **"Framing Indeterminacy**: Dialectical Analysis and Futures Studies". World Futures Review. November 2017.

75) Toppinen, Anne; Patari, Satu; Tuppura, Anni; & Jantunen, Ari. (2017). **"The European Pulp and Paper Industry In Transition To A Bio-economy**: A Delphi Study". Futures. Vol. 88. April 2017.

76) Tuma, Michael; & Decker, Reinhold. (2013). "Finite Mixture Models in Market Segmentation: A Review and Suggestions for Best Practices". The Electronic **Journal** of Business Research Methods. Vol. 11. No. 1. June 2013.

77) Verma, Aayushi; Karan, Aishwarya; Mathur, Aaroh; & Chethan, S. (2017). "Analysis of Time-Series Method for Demand Forecasting". **Journal** of Engineering and Applied Sciences. Vol. 12. No. 12. 2017.

78) Walk, Steven R. (n.d.). **Quantitative Technology Forecasting Techniques**. London: Intechopen.

79) Wang, Chin-Lien; & Wang, Li-Chih. (2009). "A Forecasting Model With Consistent Adjustments For Anticipated Future Variations". **Journal** of Applied Quantitative Methods. Vol. 4. No. 4. Winter 2009.

80) Wolfers, Justin; Zitzewitz, Eric. (March 2006). **Prediction Markets in Theory and Practice**. Discussion Paper No. 1991. Bonn: The Institute for the Study of Labor.

81) Zaremba, Anna; Aste, Tomaso. (2014). **"Measures of Causality in Complex Datasets With Application to Financial Data".** Entropy. Vol. 16. No. 4. April 2014.

82) Zhang, Gaojun et al. (2017). **"Improving Daily Occupancy Forecasting Accuracy for Hotels Based on EEMD-ARIMA Model".** Tourism Economics. Vol. 23. No. 7. November 2017.

83) Zhang, Kui; Chen, Huijing; Boylan, John; & Scarf, Philip. (2011).**Generalised Estimators for Seasonal Forecasting by Combining Grouping and Shrinkage Approaches. Salford: University of Salford.**