تطبيق نظرية الألعاب لتحليل جائحة كورونا

استخدام نظرية الألعاب Game Theory لفهم وتحليل جائحة كورونا

مصطفى الوهيب

دكتور في العلوم الهندسية

حزيران/يونيو 2020

IDRAK للدراسات والاستشارات
FOR STUDIES & CONSULTATIONS

1. الملخص 3
2. المقدمة 4
3. حقائق أساسية حول كورونا المستجد Covid19 5
1.3: القابلية الشديدة للعدوى 5
2.3: الإنتقال عبر البشر 5
3.3: الظهور للأعراض غير مؤكد 5
4.3: بعض المصابين يحتاجون عناية مركزة 6
4. التباعد الاجتماعي 7
5. نظرية الألعاب 8
6. تطبيق نظرية الألعاب: لعبة كورونا 9
1.6: لعبة كورونا الصفرية 9
2.6: لعبة كورونا الغير صفرية 9
3.6: مراحل لعبة كورونا الغير صفرية 12
1.3.6: المرحلة الأولى للعبة 12
2.3.6: المرحلة الثانية للعبة 13
3.3.6: المرحلة الثالثة للعبة 15
4.3.6: المرحلة الرابعة للعبة 17
5.3.6: ملاحظات حول المتراجحة رقم (6) 19
7. الأنشطة البشرية ضمن لعبة كورونا 20
1.7: خوارزمية تعطيل أو إعادة فتح نشاط بشري ضمن لعبة الكورونا 21
2.7: سيناريو تطبيق الخوارزمية لإعادة فتح السفر الدولي (القدوم لبلد ما) 22
3.7: سيناريو تطبيق الخوارزمية لحضور جماهير مباريات كرة القدم بالملاعب 26
4.7: ملاحظات 26
8. كيفية تطبيق هذه الدراسة 28
1.8: معامل الإجراءات التحفظية y 28
2.8: معامل التمرد البشري ضد الإجراءات التحفظية z 34
3.8: الإجراءات التحفظية المستحيلة 44
4.8: تعديل طرق القياس وفقاً لاحصاءات وظروف كل دولة أو مجتمع 44
9. المرحلة الخامسة من لعبة كورونا 45
10. الخاتمة 46

1 الملخص

نستخدم في هذه الدراسة نظرية الألعاب **Game Theory** لفهم وتحليل جائحة كورونا. يقوم النموذج الذي تم بنائه بشكل تدريجي على شكل لعبة بين فايروس كورونا والبشر، تمتد على خمس مراحل، ويتم الإنتقال لكل مرحلة عبر مجموعة من الخطوات الإستراتيجية التي يضعها اللاعبون (الفايروس أو البشر، حيث أننا الآن بالمرحلة الرابعة للعبة، وجميع اللاعبين مضطرين بهذه المرحلة للتعايش وخوض لعبة لاصفرية (أي لا منتصر ولا خاسر فيها)، وقمنا بهذه الدراسة بوضع علاقات رياضية لكيفية تحقيق الاستقرار والتعايش بهذه المرحلة من اللعبة بين فيروس كورونا والبشر.

وهذه الدراسة المبدئية تعد من الأوائل التي تستخدم نظرية الألعاب، وهي تضع إطاراً عاماً لفهم الحالة الإنسانية في ظل جائحة كورونا، وبنموذج رياضي شامل للعبة القائمة حاليا بين الفيروس والبشر بمراحلها المختلفة، يجمع بين خصائص الفيروس البيولوجية، مع السياسات الحكومية (الإجراءات التحفظية)المتخذة، واستجابة المجتمعات البشرية لها، بظل الطاقة الاستيعابية المحدودة للمستشفيات ووجود عوامل إجتماعية ونفسية وعوامل أخرى تحكم نجاح هذه الإجراءات التحفظية.

وتقدم الدراسة خوارزمية جديدة تحدد إمكانية فتح أو إغلاق الأنشطة البشرية في ظل جائحة كورونا متاح إستخدامها في أي دولة أو مجتمع، ووفقا لمتغيرات أربعة، منها معامل يقيس نجاعة الإجراءات التحفظية التي تتخذها السلطات تلك الدولة، والذي تم تعريفه رياضيا على شكل مقياس من صفر إلى تسعة، ومعامل آخر أسميناه "معامل التمرد البشري ضد الإجراءات التحفظية"، حيث تنفرد الدراسة بفرضية أن كل إجراء تحفظي يقابله تأثيرات جانبية سلبية تقود إلى حالة تمرد بشري ضد الإجراء التحفظي، وقمنا بوضع معادلات رياضية لحساب المدة الزمنية القصوى التي يمكن لكل إجراء تحفظي تطبيقه واقعيا قبل أن يتسبب معامل التمرد البشري (الناتج عنه) بزيادة انتشار المرض (بدلا من مكافحته).

نموذج اللعبة الذي تضعه الدراسة يصلح للتخطيط وأيضا لتقييم نتائج الإجراءات تحفظية والسياسات المتعلقة بمكافحة الجائحة، وهو نموذج موضوعي يستند إلى نظرية الألعاب والتحليل الرياضي للعبة القائمة حاليا بين الفايروس والبشر، ونتائج الدراسة عامة ويمكن تطبيقها لتحليل وقراءة حالة الجائحة في أي دولة أو مجتمع، وهي تصلح أيضا لاستشراف المستقبل في ظل جائحة كورونا، والاسترشاد بتوقعاتها من قبل صانعي القرار المخولين بإدارة أزمة كورونا.

2 المقدمة

أعلنت **منظمة الصحة العالمية يوم 12 آذار/مارس 2020** تحول انتشار فيروس كورونا المستجد **Covid19** إلى جائحة عالمية، عقب ظهور حالات أعلن عنها في الصين، ثم انتشرت لاحقاً إلى دول العالم عبر خطوط الملاحة والسفر [1]. اتسمت هذه الجائحة بالكثير من الغموض، ومازال الجدل قائما حول منشأ المرض وهوية المريض رقم صفر (الذي أصيب بالعدوى أول مرة)، والطريقة التي انتقلت العدوى إليه، واحتمالية انتقالها عبر حيوان (الخفاش). وحتى الأوساط العلمية واجهت في بداية الكشف عن الجائحة غموضاً في خصائص هذا الفيروس، وطريقة انتشاره، ووسائل العدوى ونسبة الوفيات منه، وإمكانية الوصول للقاح لعلاجه [2].

في هذه الدراسة سنطلق مصطلح **(صدمة كورونا Corona Shock)** لتوصيف المرحلة الأولى من جائحة كورونا، وهي مرحلة اتسمت بسمات شديدة الوضوح، منها سمة الغموض الذي أشرنا إليها، موجات الهلع الإجتماعي، السياسات التحفظية الشديدة التي اتخذت لمواجهته من قبل حكومات العالم، التغييرات الواسعة في نواحي الأنشطة البشرية وتعطيل معظمها أو تحويلها إلى نمط جديد يراعي ما عُرف بـ **(التباعد الإجتماعي Social Distancing)**، الكساد الاقتصادي وتوقف حركة السفر بين دول عديدة، التخبط بالإجراءات لمواجهة جائحة كورونا وتباين السياسات بين الدول، حالات القرصنة البحرية والاستيلاء على معدات طبية لمواجهة الجائحة في ظل نقص بتلك المعدات والأدوية وتناقص الإنتاج مقارنة بالطلب حتى ببعض الدول التي توصف بالـ (المتقدمة)، حظر التجوال (بشكل واسع جدا في بعض الدول) وإغلاق أماكن العبادة وجميع الأنشطة الإجتماعية والثقافية [3].

معطيات صدمة كورونا أيضا متفاوتة بين دول العالم المختلفة، وفقا لوقت بدء ظهور الحالات، شدة الإنتشار للعدوى، السياسات المعتمدة لمكافحتها، وعموما مازالت معظم دول العالم ضمن مرحلة صدمة كورونا، أو ربما وصلت إلى نهايتها (حتى وقت كتابة هذه الدراسة)، وصدمة كورونا هي مجرد مرحلة ابتدائية ستليها مراحل أخرى عقب امتصاص تلك الصدمة.

وحتى نفهم جائحة كورونا ينبغي التأكيد بأن هذه الجائحة تتبع **نظرية الفوضى** بالرياضيات **Chaotic Theory** وهذا يفسر درجة التعقيد الشديد للجائحة وكذلك إمكانية التباين الشديد بتوصيفها والتنبؤ بمساراتها وفقا للمعطيات. بمعنى آخر: لكل قائمة من المعطيات (بيولوجية/اجتماعية/اقتصادية) هناك سلوك مختلف للجائحة، كأي نموذج فوضوي، وهذا يجعل من هذه الدراسة وغيرها مما يجري إجرائه في مرحلة (صدمة كورونا) صحيحة نسبيا وفقا للمعطيات المتوفرة [4].

سنبدأ باستعراض جملة الحقائق المتعلقة بجائحة كورونا (والتي نعتقد بأنها تمثل معظم الحقائق المتاحة حاليا)، ثم سنستخدم هذه الحقائق لبناء نموذج للعبة، وبعد ذلك سنستخدم اللعبة لبناء جملة من السيناريوهات المتوقعة، وسنختم هذه الدراسة بسرد جملة من السياسات الاختيارية التي يمكن للحكومات وصانعي القرار الاسترشاد بها لمواجهة المراحل التي ستلي المرحلة الحالية، أي صدمة كورونا.

حقائق أساسية حول كورونا المستجد Covid19 :

سنستعرض هنا جملة من الحقائق الرئيسية حول الفيروس الذي تسبب بجائحة كورونا، وبداية نشير إلى أن هذه الدراسة ليست دراسة بيولوجية بحتة، لذا فنحن لن ننطلق من علم الفيروسات، ولكننا سنستعرض الحقائق العامة المباشرة كأساس تطبيقي للتعامل مع خصائص الفيروس البيولوجية، ونجمل ذلك بأربع حقائق [5].

1.3: القابلية الشديدة للعدوى

وتعتبر هذه الخاصية أساسية جداً بتحول انتشار هذا الفيروس إلى جائحة عالمية، لقابليته على الإنتقال السريعة جدا بين البشر عبر وسائل تعد أساسية بالسلوك الإنساني اليومي المعتاد، مثل المصافحة، الجلوس عن قرب فيزيائياً في المناسبات الإجتماعية وأماكن العمل، ملامسة مقابض الأبواب وعربات التسوق وأزرار المصاعد وأسطح الطاولات، الإزدحام وحالات التقارب الفيزيائي الشديد بوسائط النقل العام والمطارات والطائرات وغيرها.

2.3: الإنتقال عبر البشر

لا ينتقل الفايروس عبر الهواء (على الأقل بحسب ما تبين معظم الدراسات لحد الان)، ولا عبر الحشرات، وأيضا لا ينتقل عبر الحيوانات الأليفة (مع وجود تقارير محدودة جدا تؤكد إصابة بعضها لكنها محدودة إلى درجة يمكن إهمالها)، كما أنه لا ينتقل عبر الطعام. الوسيلة الرئيسية لانتقال الفايروس هي عبر البشر، من خلال التلامس البشري المباشر أو غير المباشر مع إفرازات شخص مصاب، ووصول تلك الإفرازات إلى مناطق الوجه، أو العين، أو الأنف.

3.3: الظهور للأعراض غير مؤكد

هناك نسبة من المصابين قد لا تظهر عليهم الأعراض نهائياً، ولكنهم يكونون حاملين للمرض ومصدر للعدوى الشديدة منه، وهناك نسبة أكبر تظهر عليها الأعراض بعد فترة حضانة incubation بجسد المصاب قد تمتد إلى حد 14 يوما.

حقائق أساسية حول كورونا المستجد Covid19 :

4.3: بعض المصابين يحتاجون عناية مركزة

معظم حالات الإصابة يمكن الشفاء منها ذاتيا من خلال المكوث بالمنزل ومقاومة أعراض المرض، ولكن هناك نسبة من المصابين يلزمهم الدخول لغرف العناية المركزة، وبعضهم يحتاج للبقاء على أجهزة التنفس للبقاء على قيد الحياة واجتياز مرحلة الخطر، كما أن نسبة من المصابين يتعرض للوفاة بسبب الفايروس، وهذا عموما يجعل المنظومة الصحية من الناحية العددية تحت ضغط' بسبب محدودية غرف العناية المركز/أجهزة التنفس مقارنة بالأعداد الغير متوقعة والمفتوحة للتزايد الأسي في فترة ذروة التفشي، وهو ما قد يسبب انهيارا للمنظومة الصحية.

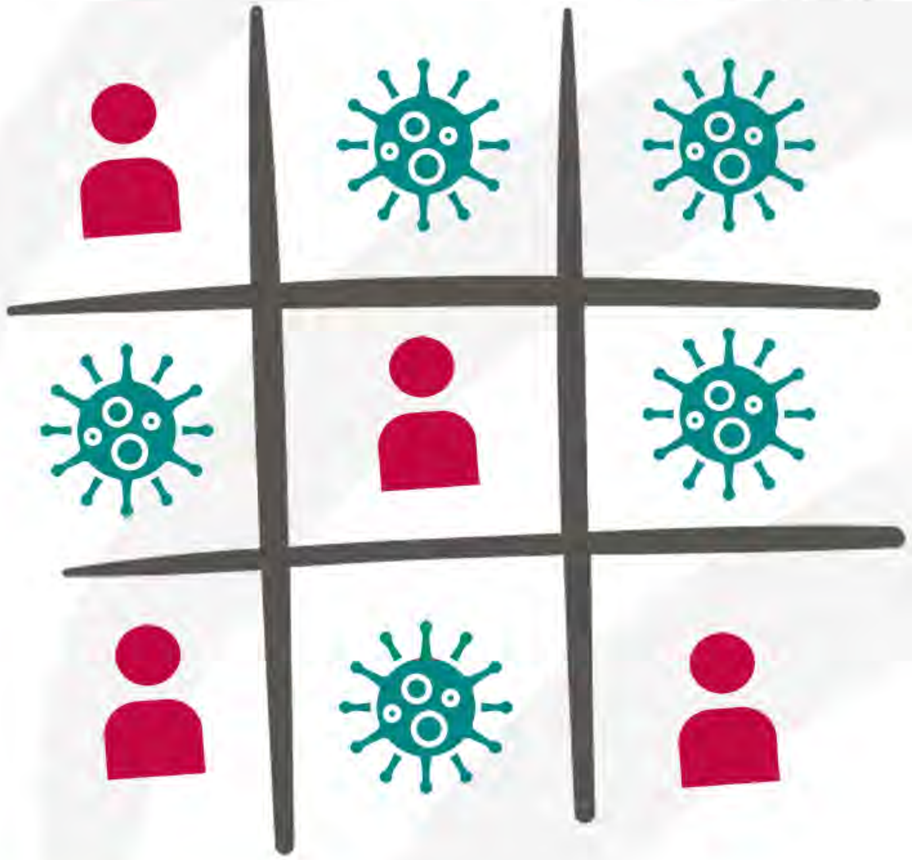
وقد أغفلنا هنا عمداً خصائص أخرى للفايروس، والأعراض المرضية التي يسببها، وبعض التفاصيل الأخرى باعتبارها خارج نطاق اهتمام هذه الدراسة. ويمكن للقارئ الاستزادة أكثر من خلال الإطلاع على مصادر أخرى (أنظر على سبيل المثال [5-6]).

ينتقل الفيروس عبر سلسلة عدوى بشرية، تبدأ بمصاب يمكن تسميته: المصاب رقم صفر. وبدوره يقوم هذا المصاب بنقل الفايروس من خلال طرق العدوى المشار إليها للأشخاص الذين يخالطهم إجتماعيا أو يكونون قريبين منه فيزيائيا، مثل مسافرين معه على متن قطار أو باص، أو الأشخاص الذين يستخدمون أدوات أو يلامسون أسطح وقع عليها شيء من إفرازات المصاب رقم صفر. وبهذا الشكل تبدأ الإصابات بالانتشار بدالة أسّية (**Exponential function**) من شخص لآخر، وتتصاعد قيمها مع ازياد عدد المصابين خطيا.

وللسيطرة على سرعة انتشار المرض، لجأت معظم الدول إلى العلاج التحفظي، وهو فرض التباعد الإجتماعي بدرجات مختلفة، تبدأ من حظر التجوال، وتعطيل دور العبادة والجامعات والمدارس، وانتهاءا بفرض لبس الكمامات الواقية ومنع الإقتراب أكثر من مترين بين شخص وآخر. وهذا الحل التحفظي ساعد إلى حد معقول بتقليل سرعة انتشار المرض بالعديد من الدول.

وبحكم الأمر الواقع: تحول التباعد الإجتماعي إلى حل طبي يفرضه القانون ويتم بموجبه توجيه سياسات التعامل مع جائحة كورونا، ويلزم البشر بمعظم المجتمعات بالتباعد بصيغ مختلفة، مع كل ما يجره هذا التباعد من عواقب قانونية واقتصادية واجتماعية وحتى سياسية [7-8].

تستخدم نظرية الألعاب Game Theory لتحديد أفضل الخيارات الإستراتيجية في حال تضارب المصالح ووجود عدة لاعبين مؤثرين بقضية ما. ورغم أنه يجري تطبيق النظرية على بعض الألعاب (مثل لعبة "أكس أو" والبوكر) إلا أن لنظرية الألعاب تطبيقات جدية بقضايا بعلم الإجتماع، الإقتصاد، العلوم العسكرية والسياسية، وقد لعبت نظرية الألعاب دورا هاماً بالتخطيط خلال الحرب العالمية الثانية، وهي أساسا فرع من فروع الرياضيات التطبيقية تطورت على يد عالم الرياضيات الفرنسي "إيمل بورل" ولاحقا عالم الرياضيات الأمريكي "جون فون نيومان"، وفي عام 1994 حصل "جون ناش" و "رينارد سيلتين" و "جون هارسانيي" على جائزة نوبل بالاقتصاد لمساهماتهم بتطوير نظرية الألعاب [9].



تفترض نظرية الألعاب وجود لاعبين اثنين (على الأقل) لكل منهم مصالح متضاربة أو مختلفة ويتحركون وفقا لقواعد معينة لتحقيق أعلى مكاسب لكل منهم، ويتحرك كل لاعب وفقا لاستراتيجية خاصة به (من خلال تحليل حركات الخصم ومحاولة التنبؤ بمساراته المستقبلية)، وتنتقل اللعبة من مرحلة إلى أخرى من خلال حركات اللاعبين (والتي من الممكن أن تتم بشكل متتالي أو بالتوازي)، ويكون لكل لاعب جائزة أو مكافأة نظير حركته باللعبة، وكل لعبة من الألعاب، وبعد عدة حركات من اللاعبين، يمكن أن تصل إلى حالة تسمى "حالة التوازن equilibrium" إذا كانت لعبة صفرية zero-sum game (أي أن مكسب طرف معناه خسارة الطرف الآخر بنفس المقدار)، وهناك تصنيف آخر للألعاب الغير صفرية والتي تتضمن ربحاً أو خسارة لجميع الأطراف بأي نتيجة من نتائج اللعبة المحتملة [9]. الجدير بالذكر أن "جون ناش" نال جائزة نوبل لإثباته أن الألعاب الصفرية لها نقطة توازن واحدة على الأقل، وقد جسد دوره الممثل الأمريكي المعروف Russell Crowe في فيلم Beautiful Mind.

تطبيق نظرية الألعاب لتحليل جائحة كورونا

تطبيق نظرية الألعاب: لعبة كورونا

سنقوم ببناء نموذج للتعامل مع جائحة كورونا على هيئة لعبة، نطلق عليها في هذه الدراسة "لعبة كورونا"، وسنخضع هذا النموذج لنظرية الألعاب السالف ذكرها، وسيكون بناء هذا النموذج تدريجياً كما يلي:

1.6: لعبة كورونا الصفرية

سنبدأ بنموذج مبسط للعبة حيث تكون المواجهة فيها بين لاعبين فقط وهما: الفيروس (وسنرمز له بالرمز ***V***) والبشر (وسنرمز لتعدادهم بالكرة الأرضية بالرمز ***H***)، وعلى فرض أن فيروس واحد يكفي لإصابة وقتل شخص واحد من البشر، فإنه من الناحية الرياضية:

$$H = -V \qquad (1)$$

أي أنه إما أن ينجح الفيروس بإبادة جميع البشر بحيث تكون كل وفاة بشرية هي انتصار يضاف لرصيد الفيروس (وفي هذه الحالة سيكون الإنتصار النهائي لفيروس كورونا!)، أو أن ينجح البشر بالقضاء على الفيروس تماماً، وستستمر المعركة حتى ينجح أحد الطرفين بتصفية الخصم الآخر تماما.

إلا أن كلا الاحتمالين غير واقعيين، لأن نسبة 80% من البشر ينجحون بالنجاة من الفيروس بالمناعة الطبيعية، كما أنه يستحيل القضاء على الفيروس بنسبة 100%من على الكرة الأرضية لأسباب بيولوجية، ولكننا سنستخدم المعادلة (1) لتطوير لعبة واقعية كما سيأتي.

2.6: لعبة كورونا الغير صفرية

تبدوا اللعبة الصفرية لفيروس كورونا مستحيلة الحدوث واقعيا، وهذا خبر جيد، لكننا مضطرون لبناء نموذج أكثر تعقيدا للعبة لافتراض أن البشر (من الأن فصاعدا) يجب أن يتعايشوا مع حقيقة وجود فيروس كورونا على الكرة الأرضية. وسنفترض أن حالة التعايش هي نوع من الاستقرار لجميع الأطراف (سواء بالنسبة للبشر المتكيفين مع وجود الفيروس أو حتى الفيروس نفسه العاجز عن القضاء على كل البشر). ولبناء النموذج الغير صفري ستكون لعبة كورونا مكونة من أربعة مراحل ملخصة بالشكل رقم (1). علماً أنه بالمرحلة الرابعة (الأخيرة حتى الأن في لعبة كورونا وحتى ظهور معطيات جديدة) سنقوم بتطوير علاقة رياضية (متراجحة رقم 6) و سنعتمد عليها لفهم حالة الإستقرار الممكنة بين الفيروس والبشر.

خلاصة لعبة كورونا (الغير صفرية)	
المرحلة الأولى	يقوم الفيروس بالحركة الأولى، وبمبادرة من الفيروس نفسه، وتنجح مجموعة من الفيروسات باحتلال جسم بشري وإصابته بالعدوى وتحويله إلى المريض رقم صفر.
المرحلة الثانية	يغير الفيروس من استراتيجيته، فلا يبادر بالقيام بعدوى أشخاص آخرين بنفسه، بل يكوّن مجموعة مصابين بالمرض "حلفاء كورونا" من البشر، وهم بدورهم يقومون بعدوى الآخرين وزيادة عدد حلفاء كورونا.
المرحلة الثالثة	ينتبه البشر الغير المصابين (المجموعة B) لخطر الفيروس ويبدأون مقاومة الفيروس (مرحلة صدمة كورونا) بسلسلة من ثلاث استراتيجيات (فهم الفيروس وتطوير علاجاته/عزل الأصحاء بإجراءات تحفظية/معالجة حلفاء كورونا (المرضى).
المرحلة الرابعة	يحاول الفيروس زيادة عدد حلفائه من خلال ضم البشر المقاومين للإجراءات التحفظية إلى صفوفه (من الأصحاء الغير مصابين أصلا)، بحيث تكون مقاومتهم لإجراءات العزل سببا مباشرا لانتقال العدوى وإضافة حلفاء جدد للفايروس، ويحاول البشر تقليل الإصابات من خلال الإجراءات التحفظية مثل التباعد الإجتماعي والعزل وتعطيل أنشطة بشرية، وبهذه المرحلة يدخل البشر مع الفايروس بحالة من التعايش (لا منتصر ولا خاسر).
في المرحلة الرابعة يدخل اللاعبون (الفيروس والبشر) بحالة الإستقرار من خلال تحقيق المتراجحة رقم (6)	

الشكل رقم (1): خلاصة المراحل الأربعة للعبة كورونا الغير صفرية

تعريفات الرموز والمصطلحات للعبة كورونا الغير صفرية

الرمز	التعريف
A	وهم مجموعة الأشخاص الذين يحملون الفيروس وتحاليلهم "إيجابية" سواء ظهرت عليهم الأعراض أم لم تظهر، وسنطلق عليهم بهذه الدراسة مصطلح "حلفاء كورونا"
$\|A\|$	العدد الكلي للأشخاص المرضى (أي حلفاء كورونا) في بلد أو منطقة جغرافية ما، والخطان هما مصطلح رياضي Cardinality من نظرية المجموعات Set Theory المعروفة
B	مجموعة الأشخاص الأصحاء الغير حاملين لفيروس كورونا، وتشمل هذه المجموعة السلطات الصحية وواضعي السياسات ومنفذيها لمجابهة فيروس كورونا
s	الطاقة الاستيعابية القصوى للمستشفيات، ويمكن تحديدها بالعدد الكلي لغرف العناية المركزة / أو أجهزة التنفس التي يمكن استخدامها في بلد ما أو منطقة جغرافية ما
y	معامل الإجراءات التحفظية مثل التباعد الإجتماعي، إغلاق المدارس ودور العبادة وتوقيف الأنشطة الرياضية وغيرها، وهذا المعامل يمكن أن يكون بمقياس من 0 إلى 9، وتستطيع كل دولة أو سلطة تحديد هذا المقياس وفقا للإجراءات التي تتخذها بشكل تدريجي من الصفر "حيث لا توجد أي إجراءات تحفظية" وصولا إلى 9 "أقصى إجراءات ممكنة"
$>$	رمز رياضي معناه "أصغر من" مثلا نعبر عن"5 أصغر من 9" بـ 9>5
z	معامل التمرد البشري ضد الإجراءات التحفظية، مثل رفض فئات متضررة إقتصاديا البقاء في المنازل أو قيام البعض بمخالفة الأوامر وفتح الأسواق، أو الفئات الغير مقتنعة بضرورة الإجراءات التحفظية وتتعمد مخالفتها، وأقل قيمة لهذا المعامل هي 1، أي أنه يستحيل غياب التمرد البشري ضد أي إجراء تحفظي
المتراجحة	مصطلح رياضي لعلاقة بين متغيرين رياضيين (أو أكثر) بحيث تكون العلاقة التي تربطهما إما "أكبر من >" أو "أصغر من <"
M_n	نسبة السكان (في بلد أو مجتمع) المشمولة بتنفيذ إجراء تحفظي ما y_n
R_n	إحتمالية تمرد فئة من السكان مشمولة بإجراء تحفظي ما y_n
T	الحد الفاصل أو العتبة Threshold وتستخدم لتحديد الحد الفاصل بين حالة الاستقرار أو اللا إستقرار بين الفيروس والبشر

تطبيق نظرية الألعاب: مراحل لعبة كورونا الغير صفرية

1.3.6: المرحلة الأولى للعبة:

بادر الفيروس بالحركة الأولى، ونجحت مجموعة من فيروسات كورونا ***V*** بالإنتقال وإصابة أول شخص بالعدوى و سنطلق عليه المريض رقم صفر، وهنا لا يهمنا منشأ الفايروس الأصلي وهل انتقل من حيوان أو من مختبر، المهم في اللعبة أن الفايروس تمكن بنجاح من احتلال وإصابة أول جسد بشري.
وهذه تعتبر الحركة الأولى باللعبة، وبمبادرة من الفايروس نفسه.

شكل رقم (2): المرحلة الأولى للعبة

تطبيق نظرية الألعاب: مراحل لعبة كورونا الغير صفرية

2.3.6: المرحلة الثانية للعبة:

الآن انتقلت اللعبة إلى المرحلة الثانية، وفيها لن يتحرك الفايروس من تلقاء نفسه، بل سيستخدم المريض رقم صفر كـ "وكيل أو حليف لفايروس كورونا"، وسيبادر الحليف (نيابة عن الفيروس نفسه) بنقل المرض للبشر الآخرين عبر المخالطة (كما هو موضح بالقسم رقم 4 من هذه الدراسة).

وللتبسيط سنقسم مجموعة البشر في ***H*** هذه المرحلة إلى قسمين:

القسم الأول:

سنطلق عليهم "البشر حلفاء كورونا **Corona Allies**" وسنرمز لهم بالرمز **A** (مبدئيا سنفترض أن هذه المجموعة هي فقط المرضى الذين ظهرت أو لم تظهر عليهم الأعراض وهؤلاء يتولون نيابة عن الفيروس نشر المرض. لكن لاحقا سنكتشف أن حلفاء كورونا هم أكثر من ذلك بكثير!).

القسم الثاني:

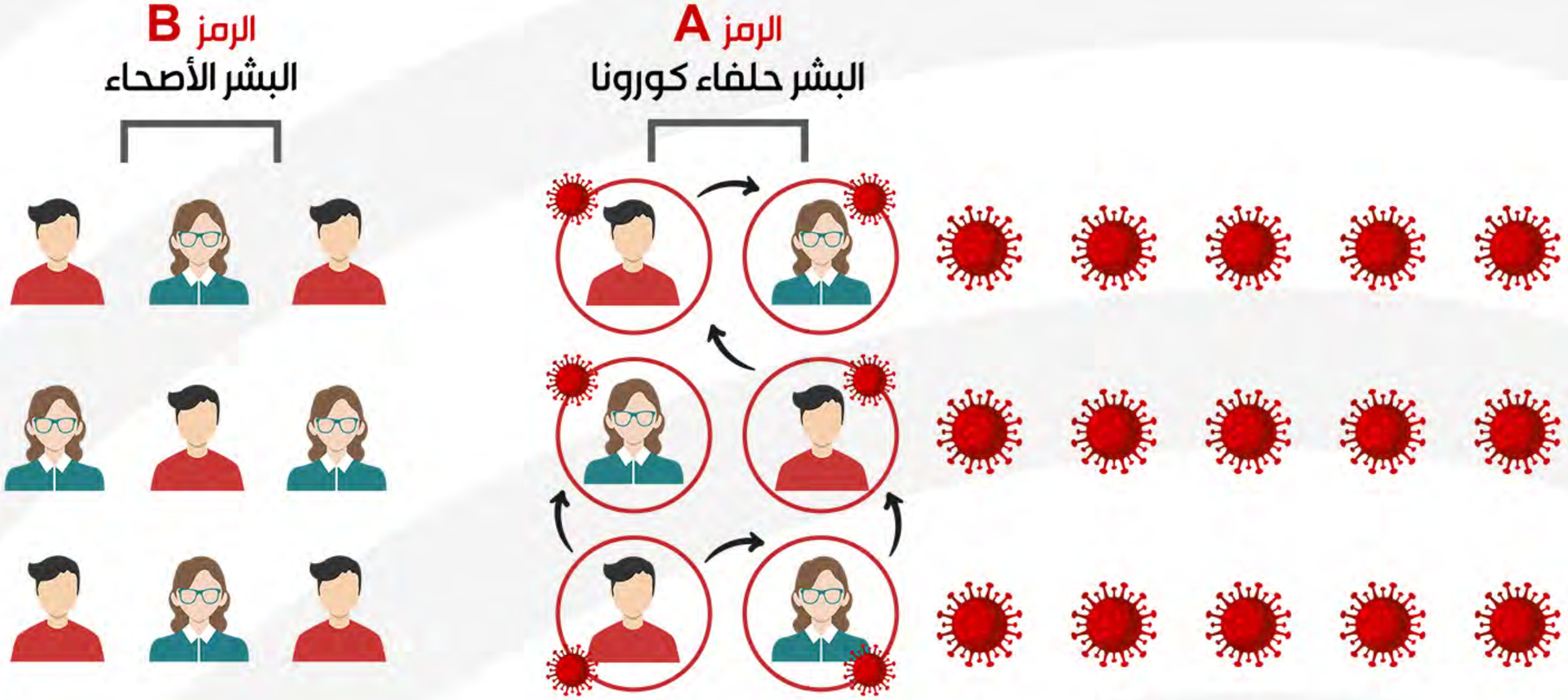
هم بقية البشر الأصحاء (الغير مصابين والذين لا يمتلكون مناعة أو حصانة من الإصابة إذا اختلطوا بأحد حلفاء كورونا) وسنرمز لهم بالرمز **B** (وهذه المجموعة كبيرة تشمل بجزء منها واضعي السياسات لمكافحة الجائحة والمنفذين لها من العاملين بالصحة والأمن وغيرهما).

ستستمر هذه المرحلة بهدوء لحين اكتشاف المجموعة **B** ظهور حلفاء كورونا بالمجموعة **A** ، وحينها سنفترض أن المرض قد انتشر بطريقة أسية:

$$|A| = a_0^x \qquad (2)$$

حيث أن $|A|$ هو عدد المصابين الكلي بدولة ما، a_0 هو المريض رقم صفر (أول حليف لكورونا) و a_0^x هو معدل نشر المريض رقم صفر للمرض، والمعادلة (2) تقريبية ونقترح على القارئ الإطلاع على دراسات محاكاة انتشار مرض كورونا لصيغ أدق، علما بأننا نعتمد هذه الصياغة بهذه الدراسة كونها تقدم دقة تقريبية كافية بسياق اللعبة التي نعتمدها.

تطبيق نظرية الألعاب: مراحل لعبة كورونا الغير صفرية



شكل رقم (3): المرحلة الثانية للعبة

تطبيق نظرية الألعاب: مراحل لعبة كورونا الغير صفرية

3.3.6: المرحلة الثالثة للعبة:

هذه المرحلة هي بداية (صدمة كورونا) التي أشرنا إليها بمقدمة هذه الدراسة، وهي المرحلة التي تتسم بإدراك المجموعة **B** (للمرة الأولى) لوجود هجمة الفيروس عبر حلفائه بالمجموعة **A** ، وهذا ما يحفز **B** لاتخاذ رد فعل لمقاومة الهجوم.

تتسم هذه المرحلة بقيام جميع اللاعبين بحركاتهم بالتوازي، في نفس الوقت وباستراتجيات أصبحت واضحة:

إستراتيجية الفيروس:

إصابة بشر بالعدوى وتحويلهم إلى حلفاء يقومون بنشر العدوى بين البشر

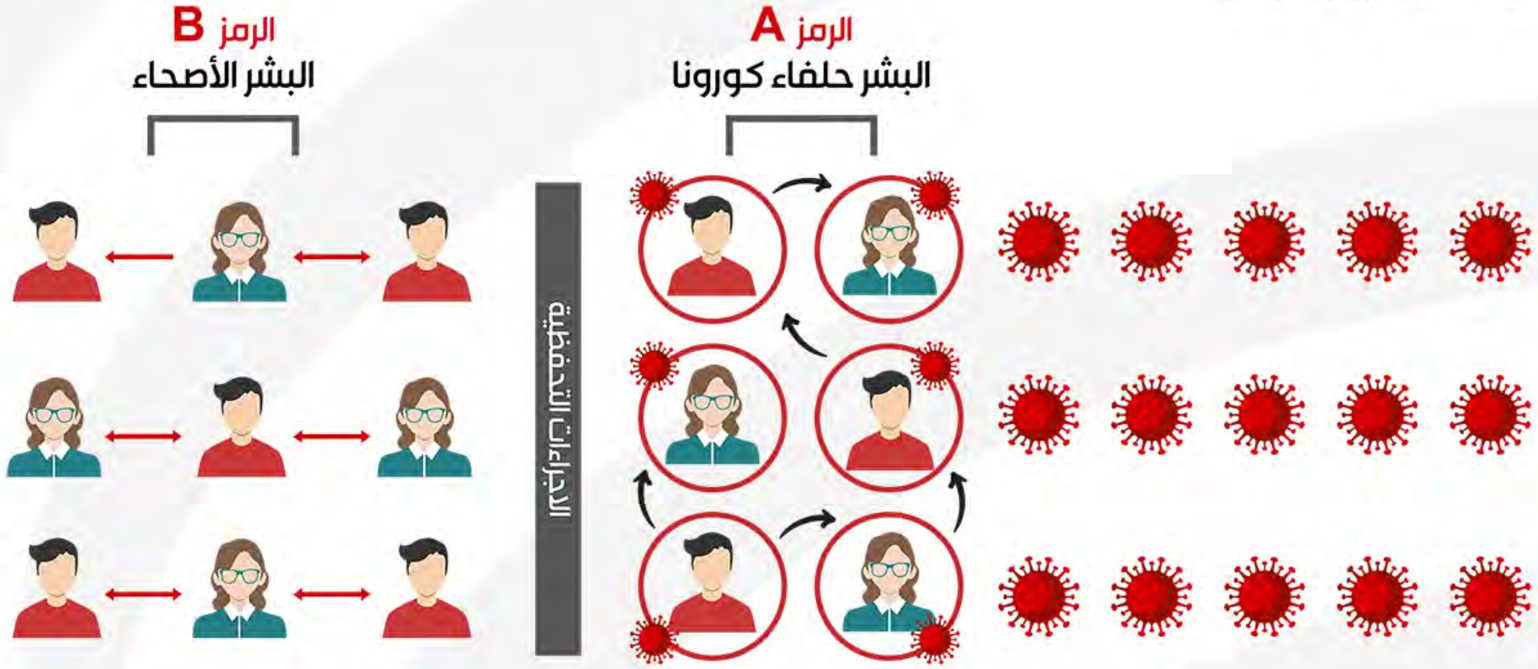
إستراتيجية المجموعة *B* :

تتركز في ثلاث نواحي:

(استراتيجية 1) فهم اللاعب الخصم (كورونا) وتحليل خصائصه وبحث طرق علاج الحلفاء؛

(استراتيجية 2) اتخاذ خطوات "تحفظية" مثل فرض التباعد الإجتماعي وتعطيل بعض الأنشطة (بالتعليم ودور العبادة مثلا) لمنع زيادة عدد حلفاء كورونا ؛

(استراتيجية 3) عزل حلفاء كورونا ومعالجتهم.



شكل رقم (4): المرحلة الثالثة للعبة

تطبيق نظرية الألعاب: مراحل لعبة كورونا الغير صفرية

إذا رمزنا للطاقة الاستيعابية القصوى للمستشفيات التي يمكنها معالجة حلفاء كورونا **(استراتيجية 3)** بالرمز ، فإن "المتراجحة inequality" التالية يمكنها تعريف حالة الإستقرار لجميع أطراف اللعبة (فيروس كورونا والبشر) كالتالي:

$$s > |A| \qquad (3)$$

وهذه المتراجحة ببساطة تعني أن عدد حلفاء كورونا (المصابين بالمرض) يجب أن يظل دائما أقل من "**>**" الطاقة الاستيعابية القصوى للمستشفيات. لكن المشكلة في هذه المتراجحة أنها لا تأخذ بنظر الإعتبار **(استراتيجية 2)**، وهي تأثير الإجراءات التحفظية على الحفاظ على عدد الإصابات منخفضا. لذا: إذا فرضنا أن الخطوات التحفظية **(استراتيجية 2)** يمكن تمثيلها بمقياس صحيح موجب نسميه **"معامل الإجراءات التحفظية"** ونشير إليه بالرمز y (تم تفصيله بالكامل بالقسم 1.8)، والطاقة الاستيعابية القصوى للمستشفيات التي يمكنها معالجة حلفاء كورونا **(استراتيجية 3)** هي s ، فسنعرف الرمز T (اختصاراً لكلمة Threshold) كالتالي:

$$T = s \times y \qquad (4)$$

ومن ثم نستطيع اعتبار T هي الحد الأقصى لقدرة المجموعة B على مقاومة حلفاء كورونا A . وعليه نستطيع تبسيط المتراجحة (3) كالتالي:

$$T > |A| \qquad (5)$$

وهذه المتراجحة تخبرنا ببساطة أن إجراءات التباعد الإجتماعي والإغلاق وتعليق الأنشطة، يضاف إليها الطاقة الاستيعابية القصوى للمستشفيات، يجب أن تكون أكبر من عدد حلفاء كورونا، وذلك لأجل ضمان حالة الإستقرار، وستتمحور اللعبة من الآن فصاعدا على الحفاظ على المتراجحة رقم (5) لضمان حالة الإستقرار للعبة.

تطبيق نظرية الألعاب: مراحل لعبة كورونا الغير صفرية

4.3.6: المرحلة الرابعة للعبة:

تستمر اللعبة على نفس الوتيرة بهذه المرحلة: فالفيروس يحاول (عبر حلفائه) إضافة أكبر عدد من الحلفاء الجدد إلى صفوفه، والمجموعة B تحاول المقاومة بالاستراتيجيات الثلاث التي أشرنا إليها بالقسم السابق، لكن ثمة تغيير جوهري بهذه المرحلة، وهي إضافة فئات جديدة لحلفاء كورونا (من غير المصابين بالفيروس)، ولكنهم بشكل مباشر يساهمون بزيادة عدد الحلفاء.

ولشرح ذلك نعود إلى الإستراتيجيات الثلاث التي تتبعها المجموعة B في المرحلة الثالثة، وتحديداً إلى **(استراتيجية 2)** المتعلقة بالإجراءات التحفظية، والتي ستؤدي بعد مدى زمني ما (أسابيع أو شهور) إلى نشوء حالة من المقاومة لها (العمال المتعطلة أعمالهم سيضغطون للعودة إلى سوق العمل لكسب العيش، الفئات المحجورة بالمنازل ستضغط لأجل الخروج للأماكن العامة، أصحاب المشكلات الإجتماعية سيقاومون بقوة إجراءات العزل، الأزمات الإقتصادية ستجبر الحكومات على إعادة فتح الأسواق.. إلخ).

شكل رقم (5): المرحلة الرابعة للعبة

تطبيق نظرية الألعاب: مراحل لعبة كورونا الغير صفرية

وهذه المقاومة المتوقعة لإجراءات العزل ستدفع بعض البشر من المجموعة B للتحول إلى حلفاء كورونا، من خلال خرق إجراءات العزل مما يسهل على حلفاء كورونا إيجاد حلفاء جدد، وهذا يدفعنا إلى إعادة تعريف المتراجحة رقم (5) كالتالي:

$$T > |A| \times z \qquad (6)$$

حيث أن z هو عدد موجب نسميه "معامل التمرد البشري ضد الإجراءات التحفظية" يمثل البشر الذين يقاومون إجراءات العزل الإجتماعي (أنظر التعريف التفصيلي لهذا المعامل في القسم 2.8)، وهو يمثل تغييرا استراتيجيا للفيروس في لعبة كورونا كالتالي:

إستراتيجية أ:

إصابة بشر بالعدوى وتحويلهم إلى حلفاء يقومون بنشر العدوى بين بشر إضافيين عبر المخالطة الإجتماعية (تماما كما هو مذكور بالمرحلة الثالثة).

إستراتيجية ب:

دفع نسبة من البشر من المجموعة B لمقاومة **(استراتيجية 2)** بالمرحلة الثالثة وبالتالي زيادة عدد حلفاء كورونا بشكل غير مباشر (من خلال زيادة حالات المخالطة التي يستخدمها حلفاء كورونا لنشر المرض).

ومن ثم فإن حلفاء كورونا ليسوا فقط المرضى المصابين بالفيروس وإنما أيضا البشر المقاومين لإجراءات العزل الإجتماعي والتي ستؤدي بدورها إلى إضافة حلفاء جدد للفايروس. وهذا يقتضي التدرج والحذر الشديد أثناء تخفيف الإجراءات التحفظية لضمان استمرار المتراجحة رقم (6) بتحقيق حالة الإستقرار.

تطبيق نظرية الألعاب: مراحل لعبة كورونا الغير صفرية

5.3.6: ملاحظات حول المتراجحة رقم (6)

وقبل الانتقال للقسم التالي حول سلوكيات البشر في لعبة كورونا، يجب الإنتباه إلى أن المتراجحة رقم (6) تعطي بضعة حقائق هامة وكما يلي:

أولا: إذا كانت معامل الإجراءات التحفظية يساوي صفر (أي أن $y = 0$ ولا يوجد هناك أي إجراءات تحفظية كما هو معرّف **بالاستراتيجية 2**) فإن المتراجحة رقم (6) غير متحققة، بمعنى أن حالة الاستقرار بين الفيروس والبشر معدومة وهذا يحسم الجدل حول ضرورة أو حتمية وجود إجراءات تحفظية لمنع تحول لعبة كورونا إلى لعبة صفرية التي سبق الإشارة إليها في القسم (1.6. لعبة كورونا الصفرية).

ثانيا: إذا كان عدد المستشفيات المؤهلة لمعالجة كورونا يساوي صفر (أي أن $s = 0$) فإن المتراجحة رقم (6) غير متحققة أيضا، وهذه نتيجة منطقية في حال غياب المنظومة الصحية اللازمة لمجابهة الفيروس.

ثالثا: يجب أن يبقى عدد البشر المقاومين للإجراءات الحفظية (أي قيمة z) منخفضة جدا لضمان تحقيق المتراجحة رقم (6). تخبرنا هذه المتراجحة أيضا أن أقل قيمة لعدد هؤلاء هي $z = 1$ ، بمعنى أن وجود هذه الفئة حتمي ولا يمكن أن يكون صفرا، لذا من غير الممكن تجاهلهم بأي لعبة (أو وضع) ضمن جائحة كورونا.

رابعا: إذا فرضنا شفاء جميع المرضى (أي حلفاء كورونا) في بلد ما، أي أن $|A| = 0$ ، فإن حالة الاستقرار بين الفيروس والبشر (المتراجحة رقم 6) تظل متحققة لأن $T > 0$ لكن هذا قد يعيدنا إلى "المرحلة الأولى" من لعبة كورونا الغير صفرية.

الأنشطة البشرية ضمن لعبة كورونا

نتحدث في هذا القسم عن كيفية ممارسة الأنشطة البشرية في سياق حالة الإستقرار التي تعبر عنها المتراجحة رقم (6) والتي تفترض حتمية وجود حلفاء كورونا. من الواضح أن المرحلة الحالية في لعبة كورونا تقتضي اعتبار الإجراءات التحفظية (مثل التباعد الإجتماعي والتعطيل والإغلاق لمعظم الأنشطة) هي الأصل، وأن تخفيف تلك الإجراءات هي الإستثناء. لذا لا يمكن عكس هذه الحالة بأي مرحلة من المراحل القادمة (حتى يتم تغيير المعطيات البيولوجية للفايروس من خلال لقاح أو علاج دوائي). ومن ثم سنضع الحالة الإبتدائية لأي نشاط بشري تنطلق من السكون أو الإغلاق أو التعطيل أو التحجيم من حيث النشاط أو الحركة. وسنشرح كيفية ممارسة أي نشاط بشري (مثلا تعليم أو ترفيه أو نشاط اقتصادي) من خلال قواعد لعبة كورونا كما بالخوارزمية التالية.

1.7: خوارزمية تعطيل أو إعادة فتح نشاط بشري ضمن لعبة الكورونا

(1) عطل النشاط المطلوب وافرض إجراءات العزل والتباعد الإجتماعي

(2) حدد القيم (بالأرقام) للمتغيرات $|A|$ لعدد حلفاء كورونا (المرضى المؤكد إصابتهم)، y لمعامل الإجراءات التحفظية، z لمعامل التمرد و s لحجم استيعاب المنظومة الصحية واحسب T

(3) هل المتراجحة رقم (6) متحققة؟

لا: إذهب للخطوة رقم (1) وأعد الخطوات

نعم: انتقل للخطوة التالية

(4) هل بالإمكان ممارسة النشاط مع قيمة إيجابية لـ y أكبر من صفر؟

لا: إنتقل للخطوة رقم (1) وأعد الخطوات

نعم: انتقل للخطوة التالية

(5) حدد الإجراءات اللازمة لفرض قيمة إيجابية لـ y أكبر من صفر

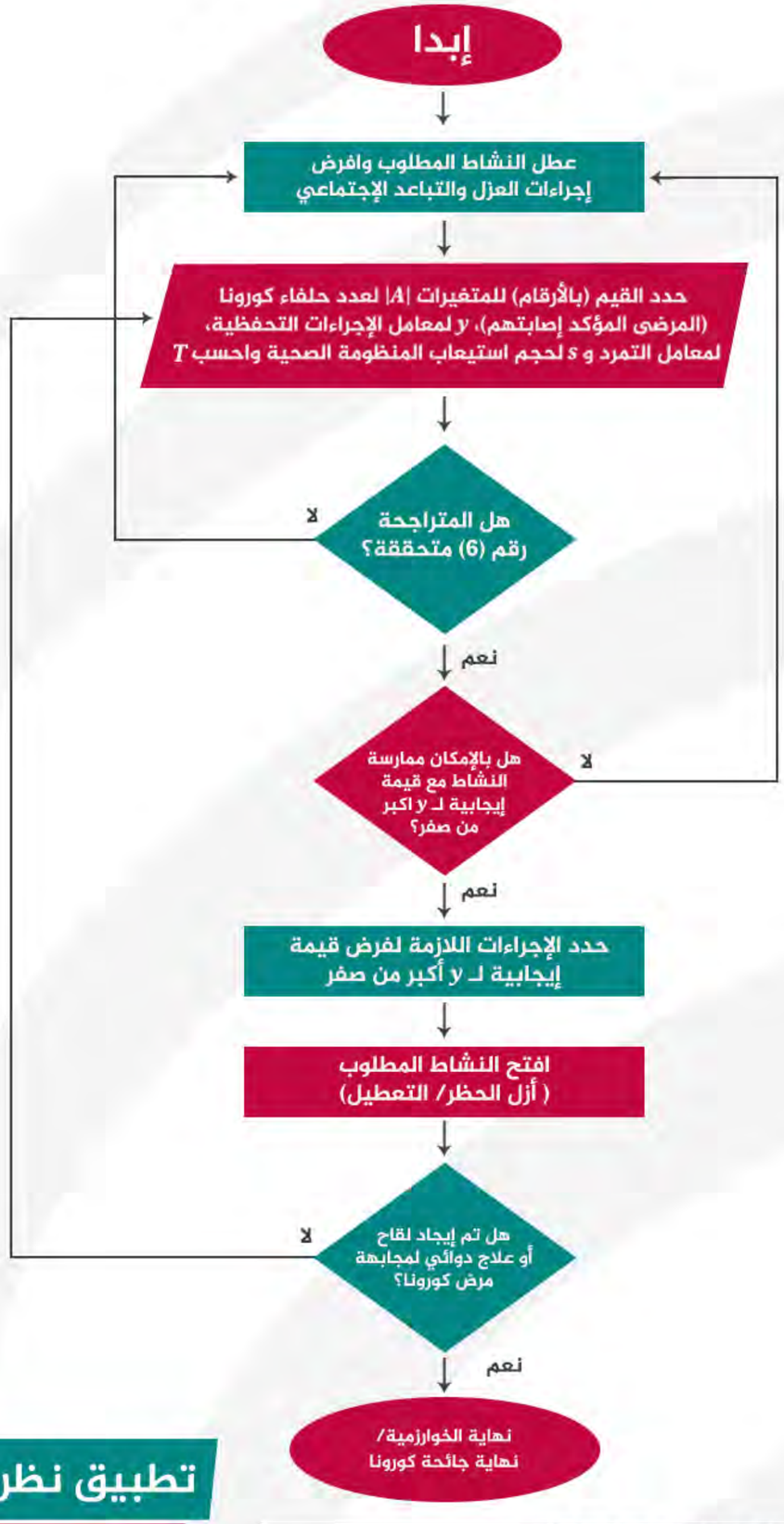
(6) افتح النشاط المطلوب (أزل الحظر/التعطيل)

(7) هل تم إيجاد لقاح أو علاج دوائي لمجابهة مرض كورونا؟

نعم: أزل الإجراءات التحفظية وانتقل للخطوة رقم (8)

لا: انتقل للخطوة رقم (2) وأعد الخطوات

(8) نهاية الخوارزمية / نهاية جائحة كورونا (مبروك!)



الأنشطة البشرية ضمن لعبة كورونا

2.7: سيناريو تطبيق الخوارزمية لإعادة فتح السفر الدولي (القدوم لبلد ما)

الخوارزمية أعلاه بسيطة جدا ويمكن تطبيقها بشكل مباشر لمعرفة كيفية فتح حركة السفر الدولي، وسنركز بهذا السيناريو على فتح "حركة القدوم" لمسافرين يصلون عبر مطار دولي (لدولة ما) من دول أخرى.

قبل تطبيق الخوارزمية يجب تحديد قيم المتغيرات في المتراجحة رقم (6)، وجميع قيم هذه المتغيرات هي للحالة قبل فتح السفر الدولي (أي بحالة الإغلاق) ولنفترض أن تلك المتغيرات هي كما بالجدول رقم (1).

من الواضح أن $T = 1000 \; x \; 5$ بهذا السيناريو ومن ثم فإن المتراجحة رقم (6) متحققة لأن: $(1000x5) > (800x1)$

الجدول رقم (1): معطيات سيناريو فتح السفر الدولي (قادمون) لدولة ما

المتغير	القيمة
عدد حلفاء كورونا $\|A\|$ (مرضى مصابين)	800
الطاقة الاستيعابية القصوى للمستشفيات s	1000
معامل التمرد البشري ضد إجراءات العزل z	1
معامل الإجراءات التحفظية y	5

نبدأ الآن بتنفيذ الخوارزمية خطوة خطوة كما يلي:

الخطوة رقم 1: عطل السفر الدولي وامنع جميع حركة القدوم إلى المطارات الدولية (كما وضحنا سابقا فإن الخوارزمية تفترض أن الأصل هو المنع والتجميد للنشاط ثم تحاول لاحقا فتح النشاط بالخطوات التالية).

الخطوة رقم 2: حدد قيم المتراجحة رقم (6)، وهي محددة بالجدول رقم (1).

الخطوة رقم 3: هل المتراجحة رقم (6) متحققة؟ نعم! أنظر الشرح المرافق للجدول رقم (1). انتقل للخطوة رقم 4.

الخطوة رقم 4: هل بالإمكان فتح نشاط السفر الدولي (القدوم) مع تحقيق معامل الإجراءات التحفظية لقيمة أعلى من صفر؟

للإجابة عن هذا السؤال يجب وضع الفرضيتين التاليتين:

كل مسافر قادم من دولة ما هو إما:

فرضية 1: حليف لكورونا (أي أنه مريض بالكورونا وينتمي للمجموعة A) أو: **فرضية 2:** معامل التمرد لديه ضد الإجراءات التحفظية مرتفع جدا (مثلا $z = 10$).

بالنسبة **للفرضية 1**، يمكن اتخاذ الخطوات التالية:

أولا: إذا كانت الأعراض موجودة يجب "تجهيز مرافق لعزل المسافرين الدوليين القادميين"، ثم عزل المسافر فورا وتوفير العلاج اللازم إن تطلب الأمر، ومن الواضح أن هذا المسافر سيزيد من قيمة الحلفاء لكورونا $|A|$ داخل الدولة .

ثانيا: إذا لم تكن الأعراض موجودة، يجب فحص المسافر للتأكد من خلوه من الفيروس، وحتى ظهور النتائج يجب "عزل" المسافر في مرافق عزل المسافرين، ونقله للمستشفى للعلاج إذا تطلبت حالته. إذا ثبت خلو المسافر من الفايروس، فإنه يصنف احتياطاً ضمن الفرضية 2 والموضح إجراءاتها تباعا.

بالنسبة **للفرضية 2**، يمكن اتخاذ الخطوات التالية:

أولا: يجب التأكد من فهم المسافر القادم (وبلغته الأم) للاجراءات التحفظية المتبعة بالدولة، وأخذ تعهد قانوني (تحت طائلة غرامة وإجراءات ترحيل) باتباع هذه الإجراءات.

ثانيا: يجب إنشاء آلية لمراقبة التزام المسافر بالإجراءات التحفظية خلال فترة زيارته.

نعود الآن للخوارزمية وتحديدا للخطوة رقم 4: هل بالإمكان فتح نشاط السفر الدولي (القدوم) مع تحقيق معامل الإجراءات التحفظية لقيمة أعلى من صفر؟ نعم! أنظر شرح الفرضيات 1 و 2. انتقل للخطوة رقم 5.

الخطوة رقم 5: حدد الإجراءات اللازمة لفرض قيمة إيجابية لـ y أكبر من صفر، وهي نفسها الموضحة ضمن شرح الفرضيات 1 و 2.

الخطوة رقم 6: أزل حظر استقبال المسافرين الدوليين وابدأ باستقبالهم وفقا للإجراءات الموضحة بالخطوة رقم 5. لنفترض أنه تم استقبال 5000 مسافر.

الخطوة رقم 7: هل تم إيجاد لقاح أو علاج دوائي لمجابهة مرض كورونا؟ لا! انتقل للخطوة رقم 2 وأعد تنفيذ الخطوات.

وفقا للخوارزمية سنطبق الخطوة رقم 2 مرة أخرى وبقية الخطوات التي تليها ولكن بالمعطيات الجديدة، أي بعد البدء باستقبال المسافرين، ولأجل التوضيح سنميز هذه الخطوات باللون الأخضر، ولنفترض ان الـ 5000 مسافر الذين قدموا جميعهم مصابون بالكورونا، أي أنه يجب اضافتهم إلى مجموعة الحلفاء للفيروس A ، كما بالجدول رقم (2).

الجدول رقم (2): المعطيات بعد فتح السفر الدولي واستقبال مسافرين

المتغير	القيمة
عدد حلفاء كورونا $\|A\|$ (مرضى مصابين)	5800
الطاقة الاستيعابية القصوى للمستشفيات s	1000
معامل التمرد البشري ضد إجراءات العزل z	1
معامل الإجراءات التحفظية y	5

من الواضح أن المسافرين المرضى غيروا بقيم المتراجحة رقم (6) بحيث لم تعد متحققة:

$$(1000x5) < (5800x1)$$

أي أن الطاقة الاستيعابية القصوى للمستشفيات أصبحت أقل من عدد المرضى. الآن، بعد إجراء هذه الحسابات نستكمل تطبيق الخوارزمية بإعادة الخطوة رقم 2.

الخطوة رقم 2: حدد قيم المتراجحة رقم (6)، وهي محددة كما بالجدول رقم (2).

الخطوة رقم 3: هل المتراجحة رقم (6) متحققة؟ لا! أنظر الشرح المرفق مع الجدول رقم (2). إنتقل للخطوة رقم (1).

الخطوة رقم (1): عطل السفر الدولي (استقبال المسافرين) وافرض إجراءات العزل والتباعد الإجتماعي.

من الواضح أنه في الفترة التي تلي تعطيل السفر الدولي، ستبقى الخوارزمية تتنقل بين الخطوات (1 و 2 و 3) لحين تغير المعطيات وشفاء عدد كبير من المرضى (وفقا لهذا السيناريو يجب أن يشفى 801 مريض (على الأقل) أي تقريبا بعدد جميع مرضى كورونا المحليين بتلك الدولة!) بحيث تتحقق المتراجحة رقم (6) ويكون هناك حالة إستقرار من جديد بالحد الأدنى. عموما: هناك إشكاليات جوهرية تتعلق بفتح السفر الدولي واستقبال مسافرين من دول أخرى، وهذه الإشكالات هي كالتالي:

أولا: يجب تجهيز مرافق حجز خاصة بالمسافرين الدوليين القادمين، وهذا معناه إضافات تكاليف مالية وبشرية لتغطية هذه المرافق. مبدئياً: يمكن تحميل المسافرين أنفسهم مقدما (وقبل الشروع بالسفر من محطاتهم الأساسية) هذه التكاليف على شكل ضمانات مالية يتم دفعها وحجزها ثم استرجاعها بحال لم يتم تأكيد إصابة المسافر بالفيروس والإضطرار لحجزه بالمرافق المخصصة للمسافرين.
ويمكن تحميل تلك التكاليف على قطاع التأمين الخاص بالسفر، وهذا يقتضي إنشاء نطاق جديد للتأمين على السفر وزيادة تكاليف السفر تباعا على المسافرين.
وبجميع الحالات: فإن زيادة التكاليف المالية على المسافرين سيعني تقليص الحركة السياحية والاقتصادية عموما، وهذا يلزم الموازنة بين التكاليف والخسائر لكل خيار.

ثانيا: يجب عمل تصنيف خاص للسلوكيات المحتملة للمسافرين القادمين من كل دولة وذلك بإعطاء معامل "تمرد ضد إجراءات العزل لكل دولة"، وتقييم تكاليف وخطورة المسافرين من كل جنسية على حدة، والسماح أو عدم السماح باستقبال تلك الجنسية وفقا لهذا المعامل إضافة للمتغيرات الأخرى بالمتراجحة رقم (6).

نختم هذا السيناريو بملاحظة جوهرية وهي استحالة فتح المجال من قبل أي دولة لاستقبال عدد لا محدود من المسافرين من جميع الدول العالم في ظل جائحة كورونا، لأن ذلك يمكن أن يغير بالمعطيات (الجدول رقم 1) بحيث يكون عدد المصابين (حلفاء كورونا) بفترات معينة أكثر من الطاقة الاستيعابية للمستشفيات. وإنما من الممكن فتح المجال ثم إغلاقه ثم إعادة فتحه لاحقا ضمن دورات تراعي تحقيق الإستقرار ضمن معطيات المتراجحة رقم (6).

الأنشطة البشرية ضمن لعبة كورونا

3.7: سيناريو تطبيق الخوارزمية لحضور الجماهير مباريات كرة القدم بالملاعب

لو فرضنا وجود المعطيات كما هي بالجدول رقم (1)، فإن فتح المجال للجماهير لحضور مبارايات كرة القدم (كما كان بالسابق) سيكون مستحيلا، حيث أن معامل الإجراءات التحفظية بهذا النشاط هو "صفر" (إذ يستحيل فرض تباعد إجتماعي أو منع الإحتكاك الجسدي بين الجمهور الضخم)، ومن ثم ستتوقف الخوارزمية عند الخطوة رقم 3، ثم ستنتقل للخطوة رقم 1، مما يعني بقاء حالة الإغلاق على ما هي عليه.

4.7: ملاحظات

الملاحظة الأولى: استحالة الاستمرار بالإجراءات التحفظية بدون توقف

لا يمكن الإستمرار بفرض إجراءات تحفظية بنفس النمط/الوتيرة بشكل مستمر ودائم، كما أنه لا يمكن فتح نشاط بشري ما بشكل مستمر ودائم، بل تكون على شكل دورات. والسبب أن الإجراءات التحفظية وإن كانت تضيف بشكل إيجابي إلى قيمة المعامل y ، إلا أنها بعد مرور زمن ما، فإنه ستقوم بزيادة معامل التمرد ضد الإجراءات التحفظية z ، كنتيجة مباشرة للمشاكل الاقتصادية والاجتماعية الناتجة عن الإجراءات التحفظية (راجع تفصيل ذلك بالقسم 2.8)، حيث ستشهد الدول فئات تقاوم الإجراءات التحفظية بغض النظر عن خطورة الوباء. لذا لابد من تخفيف الإجراءات التحفظية بعد السيطرة على انتشار الوباء، ثم إعادة تشديدها من جديد، مع الاستمرار بمراقبة التوازن بين المعاملين: y و z ، بحيث لا يتحول أحدهما إلى سبب لتغيير حالة الإستقرار بالمتراجحة رقم (6).

وذات الأمر يمكن تطبيقه على أي نشاط بشري: وهو استحالة الإستمرار بفتحه (حتى ولو كان معامل الإجراءات التحفظية y أعلى من الصفر)، لأنه إستمرارية الفتح ستتحول مع عامل الزمن إلى سبب لزيادة حلفاء كورونا بشكل مباشر أو غير مباشر. والبديل هو المراوحة بين الفتح والإغلاق بحسب المعطيات التي تحقق المتراجحة رقم (6).

الملاحظة الثانية: لا يمكن فتح أي نشاط بشري (حتى مع وجود إجراءات تحفظية) إذا كانت المستشفيات ممتلئة بطاقتها الإستيعابية القصوى

وهذه الملاحظة يمكن استنباطها من خلال النظر إلى المتراجحة رقم (6) التي يستحيل تحقيقها إذا كانت النظام الصحي قد وصل إلى حده الأقصى بحيث لا يستطيع استقبال المزيد من الحالات (ومن ثم فإن أي حالات جديدة تضاف إلى حلفاء كورونا أو أي زيادة بمعامل التمرد ضد الإجراءات التحفظية سيؤدي إلى انهيار حالة التوازن وفقا للمتراجحة رقم 6). وهذا ببساطة يقتضي إجراء ما صار يعرف بـ "تسطيح المنحنى" والسيطرة على وتيرة انتشار الوباء قبل الشروع بفتح أي نشاط بشري.

الأنشطة البشرية ضمن لعبة كورونا

الملاحظة الثالثة: منع الوفيات بسبب فيروس الكورونا يعادل إنتاج لقاح

بحال تم التوصل إلى علاج ضد الأعراض الخطيرة بالجهاز التنفسي التي تصيب الفئة القليلة من المرضى وقد تؤدي إلى وفاتهم، فإن هذا سيعد منعطفا هاما يوازي بأهميته إنتاج لقاح ضد المرض. والسبب أن منع الوفاة (أو تقليلها إلى حد ضئيل جدا) سيجعل من نقل المرضى (حلفاء كورونا) من المجموعة A إلى المجموعة B (أي الغير مصابين) ممكنا، وهذا يعتبر مكسبا استراتيجيا في سياق لعبة كورونا.

الملاحظة الرابعة: الإستخبارات البيولوجية وحتمية تطبيق نظم رقابة إلكترونية

إن حالة التوازن التي تفرضها المتراجحة رقم (6) تقتضي مراقبة الوضع الصحي والإجتماعي بشكل مستمر، لأن القيمة العددية للطرف الأيمن من المتراجحة (حلفاء كورونا سواءا من المرضى أو المقاومين للإجراءات التحفظية) يمكن أن تتضاعف خلال فترة وجيزة، وبما ينهي حالة الإستقرار. ولضمان عدم وصول الأوضاع لهذه الحالة بشكل عشوائي أو مفاجئ، فإنه يجب وضع نظام إلكتروني يسمح بمراقبة حركة الأفراد (سواءا من الحلفاء أو الأصحاء) وتحديد الأشخاص الآخرين الذين تمت مخالطتهم، وهذا المطلب هو شرط أساسي لإعطاء صانع القرار وقتا كافيا لاتخاذ إجراءات تحفظية وترفع من قيمة المعامل y.

وفي سياق نظام المراقبة: يتعاظم دور "الاستخبارات البيولوجية" التي تعنى بمعرفة الحالات المرضية لدى الدول الأخرى فضلا عن الدولة نفسها، وتحديد مصادر الخطر المحتمل التي قد تفضي إلى إنهاء حالة الإستقرار .

كيفية تطبيق هذه الدراسة

يمكن ببساطة تطبيق هذه الدراسة على أي دولة أو مجتمع بشري من خلال إيجاد العوامل الأربعة الرئيسية بالمتراجحة رقم (6)، أي عدد الإصابات $|A|$ ، إما تحديدا (عبر المسح الشامل) أو تقديراً (عبر الطرق الإحصائية)، إضافة إلى تحديد الطاقة الإستيعابية القصوى للمستشفيات s . يبقى التحدي الأساسي لتطبيق هذه الدراسة بشكل منهجي وصحيح هو التعريف المناسب لمعامل الإجراءات التحفظية y ومعامل التمرد البشري ضد الأجراءات التحفظية z في سياق الدولة أو المجتمع الذي تطبق فيه الدراسة. سنستعرض فيما تبقى من هذه الدراسة منهجية لكيفية تعريف هذين المعاملين وبعض الأمثلة على ذلك.

1.8: معامل الإجراءات التحفظية y

نقترح بهذه الدراسة تعريف الإجراءات التحفظية رياضيا بحيث تـتدرج ضمن مقياس من عشر مستويات، يبدأ من "الصفر" وينتهي بالـ "تسعة"، حيث أن المستوى صفر هو المستوى الذي تغيب فيه جميع الإجراءات التحفظية، والمستوى تسعة هو المستوى الذي تغيب فيه جميع أنماط الحركة في المجتمع، من خلال فرض حظر تجول شامل (مثلا)، وإغلاق الغالبية العظمى من الأنشطة الإقتصادية والإنسانية عموما. وتتنوع الإجراءات التحفظية ضمن أمثلة كثيرة، مثل إغلاق المساجد ودور العبادة - تعطيل الأنشطة الرياضية - إغلاق المدارس والجامعات والمؤسسات التعليمية - تعطيل حركة السفر - حظر تجول شامل - حظر تجول جزئي - إغلاق الحركة بين المدن - إغلاق الأسوق والمجمعات التجارية - حظر تجول دائم على الأطفال - حظر تجول دائم على كبار السن - حملة توعية شاملة لمكافحة المرض، وغير ذلك من الإجراءات الممكنة.

لو فرضنا وجود عدة إجراءات تحفظية ووضعنا لكل إجراء تحفظي رقما متسلسلا (1، 2، 3...) ، فإننا سنرمز لمعامل الإجراء التحفظي رقم 1 بالرمز y_1 ، ومعامل الإجراء التحفظي رقم 2 بالرمز y_2 ، وبشكل عام سنرمز لمعامل الإجراء التحفظي رقم n بـ y_n هدفنا هنا هو وضع مقياس (من صفر إلى تسعة) يحدد معامل إجراء تحفظي ما رمزه y_n.

كيفية تطبيق هذه الدراسة

سنفترض بهذه الدراسة أن معامل إجراء تحفظي ما y_n يتناسب مع نسبة السكان (المئوية) التي يتم تطبيقها عليه، بحيث أنه كلما زادت نسبة السكان الذين يشملهم الإجراء التحفظي، تزيد فعالية ذلك الإجراء.

وعليه: إذا طبقنا إجراء تحفظي ما على فئة من السكان في بلد أو مجتمع يمثلون M_n بالمئة (حيث قيمة M_n تكون بين 1 و 100)، فإن المعامل y_n الذي سيقيس تأثير ذلك الإجراء التحفظي هو:

$$y_n = \left\lfloor \frac{M_n \times 8}{99} + 1 \right\rfloor \qquad (7)$$

حيث قيمة y_n هي عدد صحيح موجب بين صفر و وتسعة، والرمز $\lfloor \ \rfloor$ هو لعملية رياضية بسيطة للتقريب (floor function)، على سبيل المثال:

$$\lfloor 6.5 \rfloor = 6$$

$$\lfloor 6.9 \rfloor = 6$$

$$\lfloor 6.3 \rfloor = 6$$

نستعرض فيما يلي مثالا على تطبيقة المعادلة (7).

كيفية تطبيق هذه الدراسة

مثال 1: معامل الإجراءات التحفظية لإغلاق المولات ومراكز التسوق في تركيا

بحسب إحصاءات عام 2019 [10]، يبلغ العدد الكلي للسكان في تركيا 83,429,607 نسمة، إذا فرضنا أن الفئات العمرية التي ترتاد المولات ومراكز التسوق هم (غالبا) جميع الأعمار من صفر وحتى 69 سنة، وتمثل نسبة 94.4 بالمئة من مجموع السكان في تركيا (بحسب الإحصاءات الموضحة بالجدول رقم (3))، فإن لدينا المعطيات التالية:

الإجراء التحفظي	عدد السكان المشمولين بالإجراء	M_n
إغلاق المولات ومراكز التسوق	78778742	94.4

بتطبيق المعادلة رقم (7) بشكل مباشر:

$$y_1 = \left\lfloor \frac{94.4 \times 8}{99} + 1 \right\rfloor = 8$$

وهذا مؤشر أن إغلاق المولات ومراكز التسوق له فعالية عالية جدا بمكافحة كورونا لارتفاع معامله y_1 إلى 8.

جدول رقم (3) أعداد السكان حسب الفئات العمرية في تركيا [10]

الفئة العمرية	ذكور (نسمة)	إناث (نسمة)
0-4	3405162	3252760
5-9	3499243	3344334
10-14	3457539	3306854
15-19	3486201	3335345
20-24	3416684	3296462
25-29	3225392	3149073
30-34	3220875	3187495
35-39	3163956	3176222
40-44	2922773	2988702
45-49	2595602	2714767
50-54	2253337	2381297
55-59	1918923	2111185
60-64	1522504	1816831
65-69	1161693	1467531
70-74	826258	1055294
75-79	567937	767002
80-84	349137	505812
85-89	148324	290814
90-94	28374	90266
95-99	3674	16815
100	121	1037

كيفية تطبيق هذه الدراسة

مثال 2: معامل الإجراءات التحفظية لإغلاق أماكن لعب الأطفال في تركيا

يؤثر هذا الإجراء بشكل مباشر على الفئات العمرية من صفر إلى 14، وهي تمثل نسبة 24.3 بالمائة بحسب الإحصاءات بالجدول رقم (3). وعليه، فإن المعطيات لهذا الإجراء التحفظي هي كالتالي.

الإجراء التحفظي	عدد السكان المشمولين بالإجراء	M_n
إغلاق أماكن لعب الأطفال	20265892	24.3

وبتطبيق المعادلة رقم (7):

$$y_2 = \left\lfloor \frac{24.3 \times 8}{99} + 1 \right\rfloor = 2$$

ونلاحظ هنا الإنخفاض الشديد بالمعامل الخاص بهذا الإجراء التحفظي ($y_2 = 2$)، وحتى لو أضفنا للنسبة عدد الآباء أو الأمهات المرافقين لأطفالهم، فإن هذا المعامل لن يتغير كثيرا.

وهنا يجب ألا نقع بخطأ بتفسير معنى هذا الإنخفاض. فالإنخفاض بقيمة المعامل لا تعني "عدم أهمية هذا الإجراء التحفظي"، وإنما تعني "كمية مساهمة هذا الإجراء بحماية السكان من خطر كورونا".

كيفية تطبيق هذه الدراسة

مثال 3: معامل الإجراءات التحفظية لتعطيل حركة السفر في تركيا

نستطيع بسهولة استنتاج أن تعطيل حركة السفر سيشمل جميع السكان في تركيا، ومن ثم فإن $M_n = 100$ ، وعليه بتطبيق المعادلة رقم (7) ينتج لدينا أن المعامل هذا الإجراء التحفظي هو $y_3 = 9$ ، وهو أعلى قيمة بالمقياس لمعاملات الإجراءات التحفظية.

لنفترض أن تركيا طبقت فقط الإجراءات الثلاث المشمولة بالأمثلة 1 و 2 و 3، حيث أن $y_1 = 8$ و $y_2 = 2$ و $y_3 = 9$، وعليه فإن القيمة الكلية لمعاملات الإجراءات التحفظية التي ستدخل بالمتراجحة رقم (6) هي:

$$y = y_1 + y_2 + y_3 = 19$$

وبشكل عام، لو فرضنا وجود مجموعة من الإجراءات التحفظية (في بلد أو مجتمع ما) عددها k ، فإن y تحسب كالتالي:

$$y = y_1 + y_2 + \ldots + y_k = \sum_{n=1}^{k} y_n \qquad (8)$$

وهذا المقياس الموضوعي Objective Measurement في المعادلات (7) و (8) الذين اقترحناه هنا لقياس معامل الإجراءات التحفظية هو مقياس بالغ الأهمية لتقدير تأثير الإجراءات التحفظية المتخذة ومدى مساهمتها بالتقليل من الإصابات بكورونا.

إلا أن لكل إجراء تحفظي يتم تطبيقه، هناك آثار جانبية سلبية قد تساهم بزيادة أعداد الإصابات بشكل غير مباشر، وكنتيجة لاحقة لتطبيق الإجراء التحفظي، وهذا ما يعبر عنه المعامل الذي اقترحناه بهذه الدراسة، وهو معامل التمرد البشري ضد الإجراءات التحفظية الذي نفصّله بالقسم التالي.

كيفية تطبيق هذه الدراسة

2.8: معامل التمرد البشري ضد الإجراءات التحفظية Z

تعريف هذا المعامل يحمل تحديا كبيراً، لأنه يتعلق بالمقاومة البشرية المتوقعة ضد الإجراءات التحفظية، وهي مقاومة تتدخل بها عوامل إجتماعية ونفسية. ونحن نعبر عن هذه المقاومة بكلمة "تمرد"، لكننا لا نقصد بها فقط محاولة تحدي الإجراء التحفظي وتعمد مخالفته وعدم الإلتزام به، بل تشمل كلمة "تمرد" أيضا: تلك الفئات التي تضطر لأسباب جبرية إلى مخالفة الإجراءات التحفظية، أو تسعى للإلتفاف عليه بسلوك جديد (قد يكون عفويا وغير مقصود مثل ممارسات مهن جديدة لكسب العيش بدلا من تلك المعطلة بسبب الإجراءات التحفظية) بحيث يؤدي السلوك الجديد إلى زيادة محتملة عدد الإصابات.

نشير أيضا إلى أن معامل التمرد يتعلق بتحديد ما سيحدث بـ "المستقبل" نتيجة لتطبيق إجراء تحفظي ما، وليس بالضرورة أن يكون التمرد حالة موازية تحدث بنفس الوقت أثناء تطبيق الإجراء التحفظي.

وهناك أيضا شكل آخر للتأثيرات الجانبية للإجراءات التحفظية، وهو **تحفيز** عدد كبير جدا من المشمولين بالإجراء التحفظي **لمعاودة النشاط** (المعطل وفق الإجراء التحفظي) وذلك **مباشرة** فور رفع أو تعليق الإجراء التحفظي وبما يؤدي إلى تزاحم أو خرق قواعد التباعد الإجتماعي. مثلا: لو فرضنا أن إجراءا تحفظيا اتخذ بدولة ما ويقضي بإغلاق جميع الأسواق ومحلات الأغذية لعدة أيام، فإن جموع بأعداد كبيرة من البشر يتوقع أن تخرج للأسواق لشراء الإحتياجات الأساسية فورا بمجرد تعطيل أو انتهاء وقت الإغلاق، وهذا التجمهر الكبير بالأسواق (بعد انتهاء الإجراء التحفظي) يشكل خطورة كبيرة بحد ذاته. ذات الأمر حصل فعليا ببعض الدول التي خرجت بها "تظاهرات" مضادة لإجراءات التحفظية، وبشكل خرق كل قواعد التباعد الإجتماعي الضرورية لتقليل العدوى.

كيفية تطبيق هذه الدراسة

لذا فإن عامل المقاومة البشرية للإجراءات التحفظية هو عامل بالغ الأهمية، لأنه لا يتعلق فقط بالتمرد البشري الممكن حصوله أثناء تطبيق الإجراء التحفظي، بل بردة الفعل البشرية الطبيعية والمتوقعة بعد انتهاء الإجراءات، وبما قد ينتج عنه زيادة غير متوقعة بأعداد المصابين بكورونا ضمن ردة الفعل ضد الإجراء التحفظي، وهذا ما سيدخل الدولة أو المجتمع بدورة جديدة من الإصابات بكورونا قد تكون أسوأ من سابقتها بفعل الإجراءات التحفظية المتخذة بالدورة السابقة للإصابات (ونقصد بالدورة هنا حصول موجات عدوى واسعة النطاق يتم السيطرة عليها لاحقا بفعل إجراءات تحفظية وبما يؤدي إلى انخفاض أعداد حلفاء كورونا بنهاية الدورة).

سنحاول هنا وضع مقياس يقترب من الواقع بخصوص حالة التمرد، وسنفترض بهذه الدراسة أن لكل إجراء تحفظي ما تتخذه الدولة، هناك حالة من المقاومة البشرية تنتج بسبب التأثيرات الجانبية لذلك الإجراء، وتتناسب شدة هذه المقاومة تبعا للعوامل التالية: (1) نوع الإجراء؛ (2) الطبيعة الإجتماعية والنفسية لفئة (أو فئات المجتمع) المستهدف بالدراسة؛ (3) المدى الزمني (الوقت) الذي يمتد خلاله تطبيق الإجراء التحفظي قبل انتهاءه أو تعطيله مؤقتا، بحيث أنه كلما زاد وقت تطبيق إجراء تحفظي ما، زاد معامل المقاومة البشرية بسبب ذلك الإجراء.

رياضيا نستطيع تبسيط الفرضية التي أشرنا إليها بأن لكل معامل إجراء تحفظي y_n ، هنا معامل مقاومة بشرية ضد ذلك الإجراء نشير له بالرمز z_n .

ولتعريف z_n وفقا لتلك الفرضية، سنستخدم عاملين أساسيين، وهما "احتمالية تمرد" فئة من المشمولين بالإجراء التحفظي، والمدى الزمني لتطبيق الإجراء (بالأيام).

فيما يتعلق بـ "احتمالية التمرد": سنفترض أن إجراءا تحفظيا أُتخذ على فئة المجتمع نسبتها M_n بالمئة. وسنفترض أن إحتمال تمرد عدد من الأشخاص من نفس الفئة ضد تلك الإجراءات هي R_n (ونستحضر هنا من نظرية الإحتمالات Probability Theory أن الإحتمال R_n قيمته هي بين $[1,0]$).

ولو فرضنا أن معظم الأشخاص من الفئة المتمردة ينشطون 16 ساعة من واقع 24 ساعة يوميا، فإن إحتمالية القيام بنشاط خلال يوم ما هي:

$$\frac{16}{24} = \frac{2}{3}$$

كيفية تطبيق هذه الدراسة

ولو فرضنا أن الإجراء التحفظي امتد على مدى زمني (بالأيام) مقداره D_n يوما، فإنه يمكن تعريف معامل التمرد البشري لذلك الإجراء التحفظي z_n كالتالي:

$$z_n = \frac{R_n \times D_n \times 2}{3} + 1 \qquad (9)$$

وبشكل عام، إذا كان هناك مجموعة من الإجراءات التحفظية (في بلد أو مجتمع ما) عددها k ، فإن z الكلية تحسب كالتالي:

$$z = z_1 + z_2 + \ldots + z_k = \sum_{n=1}^{k} z_n \qquad (10)$$

وواضح من المعادلة (9) أن قيمة z_n لن تهبط إلى أقل من 1 ، وبمعنى آخر فإن معامل المقاومة البشرية ضد الإجراءات التحفظية لن يكون صفرا أبدا، وطالما هناك إجراءات تحفظية، فسينتج عنها مقاومة بشرية مضادة لها.

كيفية تطبيق هذه الدراسة

تشير المعادلة رقم (9) إلى جملة من الحقائق بالغة الأهمية:

الحقيقة الأولى: يزداد معامل التمرد البشري (ضد إجراء تحفظي ما) مع زيادة المدة الزمنية D_n التي يطبق فيها هذا الإجراء ، وهذا بدوره يزيد من قيمة (حلفاء كورونا) بالطرف الأيمن من المتراجحة رقم (6)، وسيؤدي "حتما" وبعد مرور زمن كافي إلى اختلال حالة الإستقرار بين كورونا والبشر وفقا لتلك المتراجحة.

الحقيقة الثانية: إذا كانت قيمة $R_n = M_n$ (أي أن جميع الفئة المستهدفة من إجراء تحفظي ما ستقاوم هذا الإجراء)، فإن قيمة z_n ستزيد بمقدار 1.67 (الضعف تقريبا) في كل يوم من أيام فرض الإجراء التحفظي، وهذا ارتفاع متسارع بمعامل المقاومة البشرية، ويترتب على ذلك أن المتراجحة رقم (6) لن تستقر في مرحلة زمنية لاحقة من بعد تطبيق الإجراء التحفظي، والسبب أن الطرف الأيمن للمتراجحة هو:

$$|A| \times z_n = a^x \times z_n$$

وهذا الطرف يزداد بطريقة أسية exponentially بينما الطرف الأيسر الذي يمثل الإجراءات التحفظية والطاقة الإستيعابية للمنظومة الصحية لا تزداد (مع الاسف!) قيمته بطريقة أسية.

الحقيقة الثالثة: لا يكفي إحصاء الإصابات (حلفاء كورونا) لقياس حالة الإستقرار بين كورونا والبشر وفقا للمتراجحة رقم (6)، بل يجب الإنتباه إلى ما نسميه "التأثيرات الجانبية للإجراءات التحفظية" بزيادة عدد الإصابات وفقا لما شرحنا سابقا، حيث تتغير القيم بالطرف الأيمن لتلك المتراجحة يوميا بشكل تصاعدي مادامت هناك أجراءات تحفظية مفروضة.

الحقيقة الرابعة: هناك تاريخ إنتهاء يجب تحديده لكل إجراء تحفظي، وإلا نتج عنه خلل بحالة الإستقرار بين البشر وكورونا والتي تحددها المتراجحة رقم (6) (أنظر مثال 3 الذي سيأتي لاحقا بهذا القسم).

كيفية تطبيق هذه الدراسة

مثال 1: حساب معامل التمرد البشري ضد إجراء تعطيل العمال بالأجرة اليومية

لنفترض أن نسبة العمال الذين يعملون بالأجرة اليومية (مثلا في المصانع أو المزارع أو أعمال البناء في دولة ما) هي 30 بالمئة، ولو فرضنا أن الدولة اتخذت سياسة تحفظية تقضي بتعطيل نشاط هذه الفئة الإقتصادي. هنا لأجل حساب قيمة R_n سنفترض أن هذه الفئة هي من الفقراء الذين يعتمدون على الأجر اليومي لكسب قوت يومهم، ومن ثم نتوقع أن جميع هذه الفئة ستقاوم هذا الإجراء التحفظي بسبب حالة الفقر والجوع التي سيصبحون بها جراء انقطاع أعمالهم. وبهذه الحالة تكون قيمة $R_n = 0.3$. لذا لو فرضنا مرور ثلاثين يوما على تعطيل أعمال هذه الفئة فإن تكون:

$$z_n = \frac{0.3 \times 30 \times 2}{3} + 1 = 7$$

وهذا معدل مرتفع جدا لو ضربناه بعدد حالات الإصابة بكورونا $|A|$ داخل المتراجحة رقم (6). ويمكن اعتبار هذا الإجراء التحفظي إجراءا غير ناجح بمكافحة انتشار فيروس كورونا بسبب معامل التمرد البشري المرتفع.

كيفية تطبيق هذه الدراسة

مثال 2: حساب معامل التمرد البشري ضد عدم مزاولة الأنشطة البشرية بشكل طبيعي بأزمة كورونا

لنفترض أن دولة ما قامت بفرض إجراء تحفظي بسيط يقوم على "نشر التوعية بضرورة الإجراءات التحفظية لمنع انتشار كورونا" ولم تتخذ تلك الدولة سياسة مناعة الحشود "أو مناعة القطيع وهو مصطلح نتحفظ عن استخدامه بهذه الدراسة".

تيجة لذلك، فإن ثمة نسبة من البشر ستعتبر أن فرض الإجراءات التحفظية وتعطيل الحياة هي بحد ذاته: "لا داعي له"، وستطالب تلك الفئة باستمرار الحياة الطبيعية بظل انتشار المرض، (مثلما حصل أثناء موجة الاحتجاجات التي حصلت في الولايات المتحدة الأمريكية بشهر مايو 2020). التحدي هنا هو بكيفية حساب R_n لتلك الفئة. وهنا يلزم البحث في المعطيات الإجتماعية الخاصة بذلك البلد لمحاولة تقدير نسبة تلك الفئة، من خلال (مثلا) مراقبة الجهات التي تحرض على الخروج على الإجراءات وتقول بعدم جدواها، قراءة أعداد المنتسبين لأحزاب أو منظمات أو تشكيلات اجتماعية أو سياسية تتبع تلك الجهات، ثم تقدير R_n وفقا لذلك. إذا فرضنا أن نسبة تلك الفئة هي 20 بالمئة، فإن z_n بعد مرور شهر كامل على فرض الإجراءات التحفظية تحسب كالتالي:

$$z_n = \frac{0.2 \times 30 \times 2}{3} + 1 = 5$$

أي أن معامل المقاومة البشرية هنا يزيد بمقدار 1.13 فقط يوميا، وهو مقدار بسيط ولكنه بالتراكم يمكن أن يقفز لرقم كبير (إذا فرضنا عدم تغير قناعة فئات أخرى لتصبح مؤيدة لعدم ضرورة فرض إجراءات حظر خلال فترة لاحقة ومما ينتج عنه زيادة R_n).

كيفية تطبيق هذه الدراسة

مثال 3: حساب المدة القصوى الممكنة لتطبيق إجراء تحفظي ما

لو فرضنا أن إجراءا تحفظيا ما يتم تطبيقه على فئة من المجتمع تمثل 24 بالمئة منه، فإننا أمام حالة مشابهة للمثال (رقم 2 في القسم 1.8) والخاص بإغلاق مرافق لعب الأطفال. وعليه يكون معامل الإجراءات التحفظية $y_n = 2$. إذا فرضنا بهذا المثال أن كل الفئة المشمولة بالإجراء ستقاومه (لسبب اجتماعي أو نفسي ما).

ولو فرضنا أن الطاقة الإستيعابية القصوى للمنظومة الصحية هي $s = 1000$ وكان عدد الحالات عند بدء تنفيذ الإجراء التحفظي هو $|A| = 600$ حالة إصابة مؤكدة بالكورونا وجميعها يحتاج عناية مركزة، وهذه المعطيات يلخصها الجدول التالي:

نسبة الفئة المطبق عليها الإجراء التحفظي (بالمئة) M_n	24 بالمئة
معامل الإجراء التحفظي y_n	2 (المثال صفحة 32)
عدد حلفاء كورونا (المرضى) $\|A\|$	600 مريض
الطاقة الإستيعابية القصوى للمنظومة الصحية z	1000 سرير

إذا كان إحتمال التمرد هو $R_n = 0.24$ (أي أن جميع الفئة المشمولة بالإجراء ستتمرد ضده)، فإن معامل التمرد البشري z_n عبارة عن قيمة متغيرة مع الزمن (الأيام) التي يتم فيها تطبيق الإجراء التحفظي كالتالي.

1 اليوم الأول من تطبيق الإجراء التحفظي

بتطبيق المعادلة رقم (9)، فإنه في اليوم الأول من تطبيق الإجراء، سيكون معامل التمرد البشري $z_n = 1.16$. ولو فرضنا أنه لم يكن هناك إجراء تحفظي آخر متخذ وستظل ٫اعداد الإصابات بلا تغيير بالأيام اللاحقة (اي لا إصابات جديدة ولا حالات شفاء جديدة)، فإن صورة الوضع وفقا للمتراجحة رقم (6) هي:

$$(1000 \times 2) > (6 \times 1.16)$$

وبإجراء الحساب الرياضي:

$$2000 > 696$$

واضح أن حالة الإستقرار بين كورونا والبشر متحققة باليوم الأول.

2 اليوم الثاني من تطبيق الإجراء التحفظي

بتطبيق المعادلة رقم (9) في اليوم الثاني، فإن معامل التمرد البشري $z_n = 1.32$ سيرتفع إلى ، وستكون حالة المتراجحة رقم (6):

$$2000 > 792$$

وحالة الإستقرار مازالت متحققة.

3 اليوم الثالث من تطبيق الإجراء التحفظي

ستكون $z_n = 1.48$ وحالة المتراجحة رقم (6):

$$2000 > 888$$

وحالة الإستقرار مازالت متحققة.

14 اليوم الرابع عشر من تطبيق الإجراء التحفظي

ستكون $z_n = 2.24$ وحالة المتراجحة رقم (6):

$$2000 > 1344$$

وحالة الإستقرار مازالت متحققة.

20 اليوم العشرين من تطبيق الإجراء التحفظي

ستكون $z_n = 3.2$ وحالة المتراجحة رقم (6):

$$2000 > 1920$$

واضح أنه في اليوم العشرين سنكون قد وصلنا إلى حافة الإستقرار وهذا مؤشر على ضرورة إيقاف الإجراء التحفظي فورا أو القيام بخطوات تخفف من آثاره.

21 اليوم الواحد والعشرين من تطبيق الإجراء التحفظي

ستكون $z_n = 3.36$ وحالة المتراجحة رقم (6):

$$2000 < 2016$$

حالة الإستقرار غير متحققة ويجب إنهاء الإجراء التحفظي!

في اليوم الواحد والعشرين إنتهت حالة الإستقرار وانعكست الإشارة للطرف الأيمن لتصبح أكبر من ">" وهذا معناه أنه يفترض التوقف عن الإستمرار بالإجراء التحفظي، لإنه إما:

1. هناك نسبة معتبرة من المشمولين بالإجراء بدأت بالفعل تخالف هذا الإجراء التحفظي عمدا إو إضطراراً
2. هناك نسبة معتبرة ستمارس الإجراء المحظور بأعداد كبيرة فور رفع الحظر ومما قد يخرق التباعد الإجتماعي

وبكلا الحالتين: سيكون هناك إحتمال عالٍ لارتفاع بأعداد المصابين كتأثير جانبي لتطبيق ذلك الإجراء لمدة طويلة تتجاوز العشرين يوما.

ويلخص الجدول رقم (4) ،اقصى عدد من الأيام (من خلال إجراء الحسابات كما بالمثال السابق) والتي يمكن خلالها تطبيق الإجراءات التحفظية في تركيا إذا فرضنا نفس المعطيات الأساسية في (مثال 3).

الجدول رقم (4): أمثلة على تقدير المدة القصوى الممكنة لتطبيق الإجراءات التحفظية في تركيا

الإجراء التحفظي	R_n	المدة القصوى	ملاحظات
حظر خروج الأطفال وإغلاق الحدائق وساحات اللعب	0.24	عشرين يوم	افترضنا أن جميع الأطفال يملكون نفس الدافعية للعب
حظر السفر بين الداخلي بين المدن بما في ذلك نقل البضائع والشحن	0.55	تسعة أيام	افترضنا أن هذا الحظر يؤثر بشكل مباشر على قطاع الخدمات على الأقل والذي يشكل 55% [1]

ملاحظة:

تعتبر الإحصاءات الديموغرافية والإقتصادية أساسية جدا للحصول على دقة مقبولة عند تطبيق هذه الدراسة، وتفترض الدراسة وجود هامش من السكان خارج الإحصاءات فضلا عن أخطاء أو تغييرات إحصائية يعوضها المعامل "1" المفترض بالمعادلة رقم (9).

كيفية تطبيق هذه الدراسة

8.3: الإجراءات التحفظية المستحيلة

يعتبر الإجراء التحفظي y_n مستحيلا اتخاذه إذا افترضنا أن مدة تنفيذه هي يوم واحد فقط ($D_n = 1$) ورغم ذلك لم تتحقق المتراجحة رقم (6) بغض النظر عن قيمة معامل التمرد البشري z_n المناظر لذلك الإجراء التحفظي. لذا على صانع القرار الذي يخطط لاتخاذ إجراء تحفظي ما أن يتأكد من وجود توازن كافٍ بين الإجراء التحفظي وحالة التمرد البشري التي ستنتج ضده.

8.4: تعديل طرق القياس وفقا لإحصاءات وظروف كل دولة أو مجتمع

هذه الدراسة موضوعية وبحتة **Abstract** قائمة على استخلاص الحقائق وفقا للمعطيات البيولوجية لفايروس كورونا والنموذج الذي ترسمه نظرية الألعاب عند تطبيقها، وهي ليست قائمة نهائيا على أية دراسات مسحية أو إحصائية، لذا فهي دراسة عامة، وقابلة للتطبيق في أي دولة أو مجتمع، ونفترض أن التطبيق الأمثل لهذه الدراسة (أو ما يسمى بالـ **Optimization**) يكون بمقارنة توقعات الدراسة وفقا للحسابات الرياضية مع الحقائق الخاصة بكل مجتمع أو دولة، وزيادة دقة طرق القياس التي أوردناها (بحال اللزوم) بما يتوائم مع تلك المعطيات الإحصائية.

المرحلة الخامسة من لعبة كورونا

جميع المعادلات والمتراجحات التي تم وردت بهذه الدراسة يفترض بها أن تكون صحيحة داخل المرحلة الرابعة من لعبة كورونا (والتي مازلنا نعيش بها حتى وقت إعداد هذه الدراسة)، ولأن لعبة كورونا تتبع نظرية الفوضى كما أسلفنا، لذا فإن انتقال اللعبة إلى المرحلة الخامسة سيقتضي تعديل قوانين حالة الإستقرار بين البشر وكورونا.

ونحن هنا نفرق بين الـ "دورات **Cycles**" التي قد يأخذها منحنى الإصابات خلال المرحلة الرابعة، وبين الإنتقال لمرحلة جديدة بلعبة كورونا، حيث أن المرحلة الرابعة يفترض أن تكون على شكل دورات من صعود وهبوط في منحنى الإصابات، وبين كل دورة ودورة هناك مرحلة مؤقتة من تخفيف الإجراءات التحفظية.

أما المرحلة الخامسة، فستحدث بحركة استراتيجية جديدة يقوم بها أحد اللاعبين: البشر أو كورونا. بخصوص البشر، فإن الحركة الإستراتيجية الممكنة هي إما الوصول إلى لقاح فعال يحجّم انتشار المرض بشكل كبير، أو الوصول إلى علاج يقلل الأعراض التي قد تؤدي للوفاة أو الحاجة لدخول غرف العناية المركزة عند بعض المصابين. أما الفيروس، فإن حركته الإستراتيجية هي الإستمرار بتطوير نفسه واكتساب خصائص جديدة تقاوم الإجراءات البشرية، وبحال نجاح الفيروس بالتحور إلى سلالات جديدة أكثر انتشارا أو تؤدي لزيادة عدد الوفيات، فإن هذا سينقلنا إلى مرحلة جديدة هي المرحلة الخامسة من لعبة كورونا.

10 الخاتمة

تعتبر هذه دراسة مبدئية حول كيفية تطبيق نظرية الألعاب لتحليل جائحة كورونا، حيث وضعت الدراسة نموذجا رياضيا للعبة من خمس مراحل مرت بها جائحة كورونا في سياق اللعبة الحالية القائمة بين الفيروس والبشر. حيث أننا بالمرحلة الرابعة لهذه اللعبة، وحددنا بطريقة رياضية حالة الاستقرار الممكنة للتعايش بين فيروس كورونا والبشر. وحددت الدراسة أربع متغيرات تحكم حالة الإستقرار، وهي عدد الحالات المرضية، الطاقة الإستيعابية للمنظومة الصحية، "إضافة إلى معاملين اقترحتهما الدراسة، وهما معامل الإجراءات التحفظية الذي يقيس تأثيرات ودرجة أهمية تطبيق أجراء تحفظي ما، ومعامل التمرد البشري الذي يتنبأ بالتأثيرات الجانبية السلبية نتيجة لتطبيق هذا الإجراء التحفظي.

والنموذج الذي وضعته هذه الدراسة هو الأول من نوعه، والذي لا يتناول جائحة كورونا فقط كحالة مرضية معدية تنتشر وفقا لمعادلات تفاضلية، بل يتعامل معها كحالة واقعية يؤثر فيها عوامل بشرية وبيولوجية واقتصادية، مثل عدد المرضى، الطاقة الإستيعابية للمنظومة الصحية، السياسات التي تتخذها الدول كأجراءات تحفظية لمقاومة المرض، الطبيعة البشرية التي ستقاوم تلك الإجراءات، فضلا عن قوة تأثير أي إجراء تحفظي على مجتمع ما.

كما أننا وضعنا خوارزمية لفتح أو تعطيل أي نشاط بشري وفقا لاستراتيجيات اللعبة، وهذه الخوارزمية عامة وتصلح للتطبيق في أي دولة أو مجتمع وتوضح بطريقة منهجية الخطوات اللازمة لاتخاذ قرار بشأن فتح أو تعطيل الأنشطة ووفقا للمعطيات الرياضية، وضربنا مثالا لاستخدامها بسيناريو فتح السفر الدولي لاستقدام مسافرين من دول أخرى، وهذه الخوارزمية تصلح لاقتراح سياسات أو ترجيح قرار ، وأيضا للتنبؤ بالمستقبل ببعض المناحي الإقتصادية والإجتماعية التي ترتبط بالإجراءات التحفظية الخاصة بجائحة كورونا.

وتوسعت الدراسة بجانبها التطبيقي، وقامت بوضع معادلات رياضية لقياس معامل الإجراء التحفظي (وفقا لمقياس من 0 إلى 9) وفقا للمعطيات السكانية في مجتمع ما.

كما وضعت الدراسة المعادلة اللازمة لقياس معامل التمرد البشري، وهو دالة **Function** متغيرة مع الزمن، حيث تقترح الدراسة وجود حد زمني أقصى (يقاس بالأيام) يمكن خلاله تطبيق إجراء تحفظي ما، وقدمت الدراسة أمثلة على الحد الزمني الأقصى لبعض الإجراءات التحفظية، وهذا يعطي صانع القرار نظرة لما سيحدث بالمستقبل بعد تطبيق أجراء تحفظي ما، ومدى نجاعة هذا الإجراء فعلا بالحد من تفشي كورونا، وحددت الدراسة ما أسميناه: الإجراءات التحفظية المستحيلة.

وهذه الدراسة موضوعية وبحتة **Abstract**، ويمكن تطبيقها بسياق أي مجتمع أو دولة، وهي تتكامل مع الدراسات المسحية والإحصائية، ويفترض وجود نوع من التحسين أو الـ **Optimization** خاصة بكل مجتمع أو دولة يتم تطبيقها فيها، وذلك لزيادة الدقة في تنبؤاتها، وهذه خطوة مستقبلية نقترح قيام الباحثين المهتمين بإجرائها في دولهم أو مجتمعاتهم المحلية.

[1] Kupferschmidt, K., & Cohen, J. (2020). Race to find COVID-19 treatments accelerates.

[2] Rothan, H. A., & Byrareddy, S. N. (2020). The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak. Journal of autoimmunity, 102433.

[3] Prem, K., Liu, Y., Russell, T. W., Kucharski, A. J., Eggo, R. M., Davies, N., & Abbott, S. (2020). The effect of control strategies to reduce social mixing on outcomes of the COVID-19 epidemic in Wuhan, China: a modelling study. The Lancet Public Health.

[4] Chen, X., & Yu, B. (2020). First two months of the 2019 Coronavirus Disease (COVID-19) epidemic in China: real-time surveillance and evaluation with a second derivative model. Global health research and policy, 5(1), 1-9.

[5] Cascella, M., Rajnik, M., Cuomo, A., Dulebohn, S. C., & Di Napoli, R. (2020). Features, evaluation and treatment coronavirus (COVID-19). In Statpearls [internet]. StatPearls Publishing.

[6] Ge, H., Wang, X., Yuan, X., Xiao, G., Wang, C., Deng, T., Yuan, Q., & Xiao, X. (2020). The epidemiology and clinical information about COVID-19. European journal of clinical microbiology & infectious diseases : official publication of the European Society of Clinical Microbiology, 39(6), 1011–1019.

[7] Lewnard, J. A., & Lo, N. C. (2020). Scientific and ethical basis for social-distancing interventions against COVID-19. The Lancet. Infectious diseases.

[8] Singh, R., & Adhikari, R. (2020). Age-structured impact of social distancing on the COVID-19 epidemic in India. arXiv preprint arXiv:2003.12055.

[9] Myerson, R. B. (2013). Game theory. Harvard university press.

[10] Population of Turkey (2019). Population Pyramid. [Online]. Last accessed: 1/6/2020

[11] Labour Force Statistics, (February 2020). Turkish Statistical Institute. [Online]. Last accessed: 1/6/2020

أعلنــت منظمــة الصحة العالمية يــوم 12 آذار/مارس 2020 تحول انتشــار فيروس كورونا المســتجد Covid19 إلى جائحة عالمية، عقب ظهور حالات أعلــن عنهــا في الصين، ثم انتشــرت لاحقــاً إلى دول العالــم عبر خطوط الملاحة والســفر [1]. اتســمت هذه الجائحة بالكثير من الغموض، ومازال الجدل قائما حول منشــأ المرض وهوية المريض رقم صفر (الذي أصيب بالعدوى أول مرة)، والطريقة التي انتقلت العدوى إليه، واحتمالية انتقالها عبر حيوان (الخفاش). وحتى الأوســاط العلمية واجهت في بداية الكشف عــن الجائحــة غموضاً فــي خصائص هــذا الفيــروس، وطريقة انتشــاره، ووسائل العدوى ونسبة الوفيات منه، وإمكانية الوصول للقاح لعلاجه .

مصطفى الوهيب

أكاديمي وباحث حاصل على شهادة الماجستير من جامعة MMU بماليزيا عــام 2008 بالعلوم الهندســية، وشــهادة الدكتوراه (مع مرتبة الشــرف) بتقنيــات إخفاء المعلومات من جامعــة Malaya بماليزيا عام 2015 حيث نــال جائــزة أفضــل بحــث دكتــوراه بتخصصه علــى مســتوى ماليزيا من مؤسســة IEEE عــام 2016. حصــل علــى الزمالة البحثية بعــدة جامعات ماليزية ويابانية ، كما عمل صحفيا ومراســلا متخصصا بالشــأن الماليزي خلال الفترة ما بين 2007 و 2010 ، وهو كاتب له مقالات منشــورة بعدة مواقــع عربية مثل الجزيرة نــت وصحيفة القدس العربــي ومواقع أخرى. نشــر العديد من الأبحاث علمية محكمة ولديــه أيضا خبرة طويلة بالعمل الأكاديمي وإدارة الأبحاث والنشر والدراسات العليا.