استخدام سلاسل ماركوف الامتصاصية في تحليل حركة الطلبة خلال المراحل الدراسية (دراسة تطبيقية على طلبة كلية الهندسة بالجامعة الاسلامية بغزة) *

د. مؤمن محمد الحنجوري **

د. شادي اسماعيل التلباني ***

* تاريخ التسليم: ١٦/ ٢/ ٢٠١٣م، تاريخ القبول: ٢٥/ ١١/ ٢٠١٣م.

** أستاذ مساعد/ قسم الإحصاء التطبيقي/ كلية الاقتصاد والعلوم الإدارية/ جامعة الأزهر/ غزة/ فلسطين.

*** أستاذ مساعد/ قسم الإحصاء التطبيقي/ كلية الاقتصاد والعلوم الإدارية/ جامعة الأزهر/ غزة/ فلسطين.

ملخص:

تناول هذا البحث استخدام سلاسل ماركوف الامتصاصية باعتبارها أسلوباً العمليات العشوائية، حيث يعدّ هذا الأسلوب من أفضل الأساليب المستخدمة في تحليل حركة الطلبة خلال المراحل الدراسية، وكذلك تقدير الزمن اللازم الذي يستغرقه الطالب إلى حين تخرجه بهدف ربط مخرجات التعليم العالي بحاجات المجتمع.وتناول البحث أيضا الجانب النظري والتطبيقي لسلاسل ماركوف الامتصاصية ومن ثم تطبيقها على بيانات طلبة كلية الهندسة بالجامعة الاسلامية بغزة خلال الفترة من ٢٠٠٠ حتى ٢٠١١.وقد توصل البحث إلى نتائج عدة من أهمها أن معدل التخرج السنوي هو ٧٦,٤٪، وأنه بعد فاصل زمني مقداره (ثلاث سنوات، سنتان ونصف، سنتان، سنة ونصف، سنة) من المتوقع حصول (٩٨,٢٪، ٩٩,٢٪، ٩٩,٨٪، ١٠٠٪، ١٠٠٪) من طلبة المستوى الأول، والثاني، والثالث، والرابع، والخامس على الترتيب على درجة البكالوريوس في الهندسة.بالإضافة إلى أن متوسط عدد الطلبة المتوقع حصولهم على بكالوريوس هندسة في خمس السنوات القادمة (٢٠١٢/ ٢٠١٣ حتى ٢٠١٦/ ٢٠١٧) هو ٢١٩٦ طالب.

كلمات مفتاحية: عمليات عشوائية، عمليات ماركوف، سلاسل ماركوف، المصفوفة الاحتمالية.

The Usage of Absorbing Markov Chains as One Method of Stochastic Processes

Abstract:

This study explored the usage of absorbing Markov chains as one method of stochastic processes. This method is one of the best methods used in analyzing the movement of student during the stages of their study, and then estimating the required time needed to get their degrees. The aim is to link higher education output to the society needs. The study also focused on the theoretical and applied side of absorbing Markov chains and then applied the data on the students of Engineering College in the Islamic university during the period (2000 – 2011) . Through this study, we observed that the expected overall graduation rate is 76. 4% and after a time period of 3 years, 2.5 years, 2 years, 1.5 years, and 1 year since admission 98.2%, 99.2%, 99.8%, 100%, 100% of the first, second, third, fourth and fifth level respectively will get bachelor degrees in engineering. In addition, the average number of students that are expected to get a bachelor degree in engineer in the next five years from the academic year 2012/ 2013 to 2016/ 2017 is 2196 students.

Keywords: *Stochastic processes, Markov processes, Markov chains, probability matrix.*

١,١ مقدمة:

تؤدي الجامعات دورا جوهريا في تغذية الخطط التنموية بما تحتاجه من اختصاصات متعددة وفي مختلف المجالات، حيث تعدّ الجامعات المصدر الأساسي في عملية التخطيط للتعليم العالي، ويحتاج هذا التخطيط ورسم سياساته المستقبلية إلى إحصاءات دقيقة عن مختلف البرامج والاختصاصات والفروع والكليات والجامعات وغيرها من المجالات، وقد أدت هذه الحاجة الماسة لاستخدام الإحصاءات إلى الاهتمام الكبير بالطرائق الإحصائية لجمع البيانات وقياسها وعرضها وتحليلها رياضيا بهدف التعرف على الاتجاه العام لهذه المخرجات، ودرجة ترابطها وانعكاساتها على الجامعة والمجتمع معاً (حميدان والجراد، ٢٠٠٥) .

إن مخرجات الجامعات من خريجين في مختلف التخصصات لها علاقة وثيقة بالمجتمع حيث يجب أن يكون هناك توافق بين من يتخرجون من الجامعة وحاجات المجتمع من التخصصات المختلفة عن طريق تحديد أعداد الطلبة كماً وتخصصا. و يمكن الاستعانة في هذا الشأن ببعض الطرائق الإحصائية المناسبة للوقوف على حالات البطالة التي تكون مؤشراً أساسياً لمتخذي القرار في توفير فرص عمل لخريجي الجامعات.

وتعد سلاسل ماركوف الامتصاصية من أهم الطرائق الإحصائية والرياضية التي يمكن استخدامها في تحليل أعداد الخريجين من الجامعات والتخطيط لها من خلال دراسة حركة الطلبة في المراحل الدراسية، والزمن اللازم للطالب استغراقه في كل مرحلة إلى حين تخرجه، ومن ثم الوقوف على النتائج التي يمكن عرضها لمتخذي القرار للاستفادة منها في تخطيط التنمية المستقبلية (حسين، ٢٠٠٩) .

وقد اختيرت الجامعة الاسلامية بغزة و كلية الهندسة بها كحالة تطبيقية، وذلك لأسباب عدة: أنها تطبق النظام الأكاديمي بالكامل من حيث التحذير الأكاديمي و الفصل و التحويل إلى كلية أدنى إذا تدنى معدل الطالب، و غيرها. كما وتعدّ كلية الهندسة أول كلية هندسة أنشئت في قطاع غزة، وتتبع نظام الساعات الدراسية المعتمدة، والسنة الدراسية مقسمة إلى فصلين دراسيين و مدة كل فصل ١٥ أسبوعاً دراسياً، إضافة إلى فترة الامتحانات. و قد يضاف إليهما فصل صيفي اختياري مدته ٨ أسابيع (شهرين) .

وللحصول على درجة بكالوريوس هندسة يتوجب على الطالب إنهاء ١٧٥ ساعة معتمدة بنجاح خلال ١٠ فصول دراسية (٥ سنوات) و ذلك على اعتبار أن الطالب منتظم

في الدراسة، و يمكن للطالب أيضا إنهاء دراسته في مدة أقل من ذلك إذا استعان بالفصول الصيفية، حيث إن الحد الأدنى لنيل درجة البكالوريوس في الهندسة هو أربع سنوات و الحد الأعلى هو ثماني سنوات (الجامعة الاسلامية، ٢٠٠٩) .

وهكذا فإن بعض الطلبة لا يسعفهم الحظ أن ينهوا دراستهم خلال الخمس سنوات أو العشرة فصول المتتالية، بل يفوق ذلك، وهذا ربما يعود إلى أسباب عدة منها:

- عدم نجاح الطالب في عدد من الساعات الدراسية.
- افتقار بعض الطلبة إلى التوعية الأكاديمية اللازمة.
- يواجه بعض الطلبة صعوبة في التكيف مع البيئة الجامعية.
- عدم التزام بعض الطلبة باللوائح والقوانين المنصوص عليها في الجامعة.
- عوامل اجتماعية واقتصادية.

وبسبب هذه العوامل وغيرها، هناك حاجة ماسة إلى دراسة حركة الطلبة خلال المراحل الدراسية.

٢,١ مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة الدراسة في التساؤلات الآتية:

- ما متوسط المدة الزمنية المتبقية لتخرج الطالب عند كل مستوى؟
- ما احتمال تخرج الطالب من كلية الهندسة؟
- ما احتمال تسرب (فصل) الطالب من كلية الهندسة؟
- ما متوسط عدد الطلبة المتوقع تخرجهم خلال الخمس سنوات اللاحقة لفترة الدراسة؟
- ما متوسط عدد الطلبة المتوقع فصلهم خلال الخمس سنوات اللاحقة لفترة الدراسة؟

٣,١ أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في شقين رئيسيين هما:

- **الأول**: يتعلق بالجامعة الإسلامية من حيث استقصاء طبيعة سير الطالب وحركتة خلال المراحل الدراسية من خلال معرفة الزمن المستغرق لبقاء الطالب في الكلية إلى حين

تخرجه، واحتمالات تركه للكلية، وأيضا تخرجه منها، ومن ثم تقويم الاجراءات والسياسات المتعلقة بالقبول والتحويل وغيرها.

♦ **الثاني**: وضع مخرجات التعليم العالي والتنبؤ بها بين أيدي المسئولين من متخذي القرارات للاستفادة منها في تخطيط التنمية المستقبلية، وتفعيل العلاقة بين الجامعات والمجتمع في إعداد الخطط ورسم سياسات التعليم العالي.

٤,١ هدف البحث:

١. تقدير الزمن المستغرق لبقاء الطالب في الكلية إلى حين تخرجه.
٢. تقدير احتمال تخرج الطالب من كلية الهندسة.
٣. تقدير احتمال تسرب (فصل) الطالب من الكلية.
٤. التنبؤ بعدد الطلبة المتوقع تخرجهم في السنوات اللاحقة.
٥. التنبؤ بعدد الطلبة المتوقع فصلهم.

٥,١ حدود البحث:

تتكون حدود البحث من ثلاثة اجزاء هي:

١. الحد الزماني: يتمثل في الأعوام الدراسية من ٢٠٠٠/ ٢٠٠١ حتى ٢٠١١/ ٢٠١٢.
٢. الحد المكاني: الجامعة الاسلامية بغزة.
٣. الحد البشري: طلبة كلية الهندسة.

٢. الجانب النظري للبحث:

تعدّ سلاسل ماركوف ذات أهمية كبيرة جدا وذلك نظرا لما تتمتع به من استخدامات متعددة في وصف الظواهر الاقتصادية والاجتماعية والفيزيائية وغيرها من العلوم المختلفة، مما يساعد في عمليات التنبؤ الخاصة بكل الظواهر. تعدّ سلاسل ماركوف جزئية مهمة في نظرية العمليات العشوائية والتي يطلق عليها أيضا بالعمليات التصادفية (الزيادي، ٢٠٠٣) .

١,٢ العمليات العشوائية:

عند دراسة العمليات العشوائية فإن كل مشاهدة من المشاهدات يقابلها دالة في الزمن. فكلمة العشوائية تعني الاحتمالية، أما كلمة عملية فتعني دالة في الزمن، أي أن

العمليات العشوائية هي دوال احتمالية في الزمن (تاج وعمار، ٢٠٠٧) .

تعرف العمليات العشوائية بأنها عبارة عن مجموعة من المتغيرات العشوائية $\{X_t, t \in T\}$ مرتبطة بالزمن، حيث T تمثل مجموعة الزمن. ويرمز للعملية العشوائية بالرمز X_n عندما تكون مجموعة الزمن T متقطعة مثل (٠،١،٢،.....) ويرمز لها بالرمز (X_t) اذا كان الزمن متصلا، مثل $0 \leq t \leq \infty$.

وبالتالي فإن:

- العملية (X_t) تسمى عملية عشوائية.
- القيم التي تفترض بوساطة العملية تسمى الحالات.
- مجموعة القيم الممكنة تسمى فضاء الحالة.
- مجموعة القيم الممكنة للمعلمة (T) تسمى فضاء المعلمة، وقد تكون متقطعة أو مستمرة، وأن المعلمة (T) تدل على الزمن.

٢,٢ عمليات ماركوف:

تحتل عمليات ماركوف موقعاً كبيراً ومهمّاً في العمليات العشوائية. وتعرف بأنها: «الوسيلة التي يتم بها تحليل التغيرات الحالية لمتغير عشوائي معين من أجل التنبؤ بالمتغيرات المستقبلية لهذا المتغير» (المشهداني و شمخي، ١٩٩٠) .

وسميت هذه السلاسل بسلاسل ماركوف نسبة إلى عالم الرياضيات الروسي (اندريه ماركوف) عندما استخدم هذا الأسلوب لدراسة حركة جزيئات الغاز في إناء مغلق ثم التنبؤ بحركة هذه الجزيئات في المستقبل (الزيادي، ٢٠٠٣) .

إن العملية العشوائية $\{X_t, t \in T\}$ تسمى عملية ماركوف إذا كان الاحتمال الشرطي لـ $X_{(t_n)}$ لمجموعة من القيم المعطاة $(X_{(t_0)}, X_{(t_1)}, \ldots\ldots, X_{(t_{n-1})})$ يعتمد فقط على $X_{(t_{n-1})}$ لأي مجموعة من الفترات الزمنية $(t_0 < t_1 < \ldots\ldots\ldots < t_n)$ أي ان (Oliver,2009) :

$$P\left[X_{(t_n)} \leq x_n \mid X_{(t_{n-1})} = x_{n-1}, X_{(t_{n-2})} = x_{n-2}, \ldots\ldots\ldots\ldots, X_{(t_0)} = x_0\right]$$
$$= P\left[X_{(t_n)} \leq x_n \mid X_{(t_{n-1})} = x_{n-1}\right]$$

ومما سبق يمكن القول إن احتمال انتقال حالة معينة في المستقبل تعتمد على حالتها في الحاضر فقط، ولا تعتمد على حالتها في الفترات الماضية، أي أنها تحقق المعادلة السابقة.

ويمكن تصنيف عمليات ماركوف اعتماداً على طبيعة فضاء الحالة وفضاء المعلمة إلى أربعة أصناف كالآتي:

١. سلاسل ماركوف ذات فضاء معلمة متقطع وفضاء حالة متقطع.

٢. سلاسل ماركوف ذات فضاء معلمة متقطع وفضاء حالة مستمر.

٣. عمليات ماركوف ذات فضاء معلمة مستمر وفضاء حالة متقطع.

٤. عمليات ماركوف ذات فضاء معلمة مستمر وفضاء حالة مستمر.

عندما يكون فضاء المعلمة متقطعا فيطلق على عمليات ماركوف سلاسل ماركوف. وفي بحثنا هذا سوف نتناول سلاسل ماركوف ذات فضاء المعلمة وفضاء الحالة المتقطعين.

٣,٢ سلاسل ماركوف:

تعددت تعاريف سلاسل ماركوف، ولكن جميعها متقاربة من حيث المفهوم. حيث تعرف بأنها: عبارة عن سلسلة من الحالات التي تمر بها الظاهرة خلال فترة زمنية معينة، أو هي سلسلة من المواقع التي يمر بها جسم متحرك خلال فترة زمنية مختلفة استنادا إلى قوانين احتمالات تسمى الاحتمالات الانتقالية، والتي هي عبارة عن احتمالات الانتقال من الحالة i إلى الحالة j خلال فترة زمنية معينة (العذاري والوكيل، ١٩٩١) .

احتمال انتقال الظاهرة من الحالة i في الزمن n إلى الحالة j في الزمن (n+1) هو:

$$P_{ij}^{(n,n+1)} = P[X_{n+1} = j \mid X_n = i] \quad ; \; i,j \in H \qquad \dots\dots\dots\dots (1)$$

حيث تمثل H مجموعة جميع الحالات.

تكون سلسلة ماركوف ذات الزمن المتقطع مستقرة أو متجانسة الزمن، إذا كانت احتمالات الانتقال من حالة إلى أخرى لا تعتمد على الزمن؛ لأن التجانس يعني عدم الاعتماد على نقطة الابتداء، وإنما على الفرق الزمني، أي أن الصفات الاحتمالية لها تتغير بتغير الزمن، أي أنه لجميع قيم n.

$$P_{ij} = P[X_{n+1} = j \mid X_n = i]$$

أما إذا كانت سلاسل ماركوف لا تحقق هذه المعادلة تحديدا فتكون السلسلة غير مستقرة.

وعليه، فإن الاحتمالات الانتقالية يمكن وضعها على شكل مصفوفة تسمى مصفوفة الاحتمالات الانتقالية أو تسمى مصفوفة ماركوف. وهي مصفوفة مربعة من الدرجة

(n x n) ويرمز لها بالرمز (P) ، وعناصرها احتمالات انتقالية P_{ij} لكل قيم (i, j ∈ i) وتكون كالاتي:

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & \cdots & P_{nn} \end{bmatrix}$$

ويجب أن تحقق الشرطين الآتيين (المشهداني وشمخي، ١٩٩٠) :

١. جميع عناصر المصفوفة غير سالبة $P_{ij} > 0$

٢. مجموع عناصر كل صف في المصفوفة يساوي واحد صحيح $\mathcal{E} P_{ij} = 1$

إن جميع العناصر (P_{ij}) التي تتألف منها مصفوفة الاحتمالات الانتقالية ($P = P_{ij}$) لسلاسل ماركوف تمثل احتمال الانتقال من الحالة i إلى الحالة j بخطوة واحدة أو خلال فترة زمنية واحدة. فاذا أردنا إيجاد قيمة احتمال انتقال الظاهرة من الحالة i إلى الحالة j بعدد من الخطوات أو الفترات الزمنية مقدارها m فيكون لدينا P_{ij}^{m} حيث إن:

$$P_{ij}^{m} = P[X_{n+m} = j \mid X_n = i] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

ويمكن كتابة احتمالات الانتقال بعد m خطوة على شكل مصفوفة نرمز لها بالرمز $P^{(m)}$ على الصورة التالية (تاج و عمار، ٢٠٠٧) :

$$P^{(m)} = \begin{bmatrix} P_{11}^{(m)} & P_{12}^{(m)} & \cdots & \cdots & P_{1n}^{(m)} \\ P_{21}^{(m)} & P_{22}^{(m)} & \cdots & \cdots & P_{2n}^{(m)} \\ \vdots & \vdots & & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & & \vdots \\ P_{n1}^{(m)} & P_{n2}^{(m)} & \cdots & \cdots & P_{nn}^{(m)} \end{bmatrix}$$

وتسمى المصفوفة $P^{(m)}$ بمصفوفة احتمالات الانتقال بعد الخطوة m. مع العلم انه:

- اذا كانت m=1 فإن P_{ij}^{m} يصبح احتمال الانتقال من الحالة i إلى الحالة j بخطوة واحدة، والذي رمزنا له بالرمز P_{ij}.
- اذا كانت m=0 فإن:
- $$P_{ij}^{(m)} = \begin{cases} 1 & , i = j \\ 0 & , i \neq j \end{cases}$$

ويمكن تعميم ما ورد في المعادلة (٢) كالتالي (Parzen, 1960) :

$$P^{(n+m)} = P^n . P^m \quad ; n, m \in N \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث إن تمثل P^{n+m} مصفوفة الاحتمالات الانتقالية لسلاسل ماركوف بعد (n+m) من الخطوات. أما العنصر في الصف i والعمود j من المصفوفة P^{n+m} فيكون:

$$P^{(n+m)} = \sum_{K} P_{ik}^{n} . P_{kj}^{m} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

وإذا كانت سلاسل ماركوف محدودة بعدد من حالات m فإن:

$$P_{ij}^{(n)} = \sum_{k=1}^{m} P_{ik}^{(r)} . P_{kj}^{(n-r)} \quad ; r = 1,2,\ldots\ldots\ldots, n-1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

تتسمى هذه المعادلة بمعادلة جابمان –كلموجروف Chapman – Kolommo-grove وهذه المعادلات تعني أنه لكي تنتقل العملية العشوائية من الحالة i إلى الحالة j بعد n خطوة، فإنها يجب ان تنتقل أولا من الحالة i إلى الحالة k بعد r خطوة ثم تنتقل بعد ذلك من k إلى j بعد n-r خطوة (Parzen, 1960) .

ويمكن صياغة نتيجة منطقية للمعادلة (٥) كالتالي:

$$P^{(n)} = P^{(1)} . P^{(n-1)} = P . P \ldots\ldots . P = P^n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

وعليه، فإنه يمكن استنتاج $P^{(n)}$ بحساب حاصل ضرب مصفوفة الاحتمالات الانتقالية في نفسها عدد n من المرات.

٤,٢ سلاسل ماركوف الامتصاصية:

ليست جميع سلاسل ماركوف التي تطبق على العلوم الحياتية تحتوي على مصفوفة انتقالية عادية منتظمة. فإذا احتوت السلسلة الماركوفية على حالة يكون فيها استحالة الانتقال منها إلى أي حالة من الحالات المكونة للسلسلة، في حين يكون هناك إمكانية الوصول إلى هذه الحالة انطلاقا من بقية الحالات، فإننا نطلق على المصفوفة المكونة لتلك السلسلة اسم الامتصاصية (الماصة) . فهذا النوع يستخدم على نطاق واسع في العلوم الحياتية. وبذلك تكون السلسلة الماركوفية في الحالة الامتصاصية إذا تحقق الشرطان

الآتيان (حميدان والجراد، ٢٠٠٥) :

- يوجد حالة ماصة واحدة على الأقل يستحيل الانتقال منها إلى أية حالة من الحالات الاخرى.
- هناك إمكانية الوصول إلى هذه الحالة الماصة انطلاقا من أي حالة من الحالات المكونة للسلسلة.

ولتحليل سلسلة ماركوف الامتصاصية، يجب تقسيم مصفوفة الاحتمالات الانتقالية إلى أربع مصفوفات فرعية:

$$P = \begin{bmatrix} Q & R \\ 0 & I \end{bmatrix}$$

حيث ان:

Q: مصفوفة تعكس احتمالات الانتقال من الحالات غير الماصة إلى حالات غير ماصة.

R: مصفوفة تعكس احتمالات الانتقال من الحالات غير الماصة إلى حالات ماصة.

O: مصفوفة صفرية تعكس احتمالات الانتقال من الحالات غير الماصة إلى حالات غير ماصة.

I: مصفوفة الوحدة وتعكس احتمالات البقاء ضمن الحالات الماصة.

وبناء على ذلك نستطيع الاستنتاج أن (Weckesser,2005) :

$$\mathbf{P^2} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q^2} & \mathbf{R + QR} \\ \mathbf{0} & \mathbf{I} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q^2} & \mathbf{R(I + Q)} \\ \mathbf{0} & \mathbf{I} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{P^3} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q^3} & \mathbf{R + QR + Q^2R} \\ \mathbf{0} & \mathbf{I} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q^3} & \mathbf{R(I + Q + Q^2)} \\ \mathbf{0} & \mathbf{I} \end{bmatrix}$$

$$\vdots$$

$$\mathbf{P^n} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q^n} & \mathbf{R\ (I + Q + Q^2 + Q^{n-1}} \\ \mathbf{0} & \mathbf{I} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{P^n} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q^n} & \mathbf{R} \sum_{\mathbf{i=0}}^{\mathbf{n-1}} \mathbf{Q^i} \\ \mathbf{0} & \mathbf{I} \end{bmatrix}$$

$$\lim_{n \to \infty} P^n = \begin{bmatrix} \mathbf{Q^n} & \mathbf{R(I - Q)^{-1}} \\ \mathbf{0} & \mathbf{I} \end{bmatrix}$$

حيث إن:

١. $Q^n \to 0, n = \infty$

٢. $\sum_{i=0}^{\infty} Q^i = I + Q + Q^2 + \ldots\ldots\ldots = (I - Q)^{-1}$

ويطلق على المصفوفة $(I - Q)^{-1}$ اسم المصفوفة الأساسية أو الجوهرية للسلسلة الماركوفية الامتصاصية.

مصفوفة الاحتمالات الانتقالية لسلاسل ماركوف الامتصاصية يشار إليها بالرمز N، حيث:

$$N = (I - Q)^{-1}$$

تعريف: مصفوفة احتمالات التنقل من الحالات غير الماصة إلى الحالات الماصة يشار إليها بالرمز B

$$B = (I - Q)^{-1}. R = N . R$$

تعريف: مصفوفة متوسطات أزمنة الامتصاص ابتداء من الحالات غير الماصة يشار إليها بالرمز M.

$$M = (I - Q)^{-1}. I = N . I$$

٣. الجانب التطبيقي:

تم الحصول على البيانات المستخدمة في التحليل من عمادة القبول والتسجيل بالجامعة الاسلامية بغزة، واُستخدمت البيانات خلال الفترة بين ٢٠٠٠/ ٢٠٠١ – ٢٠١١/ ٢٠١٢، وانطلاقا من البيانات المتوافرة لدينا، فإن مصفوفة ماركوف الانتقالية تعكس حالة الطالب في كلية الهندسة بالجامعة الإسلامية، وتتكون من ثماني حالات: ست منها حالات غير ماصة وحالتان ماصتان كما في الجدول (١) أدناه:

الجدول (١)

الحالات وتصنيفها في الدراسة

L_1	حالة الطالب في المستوى الاول في كلية الهندسة.	حالات غير ماصة
L_2	حالة الطالب في المستوى الثاني في كلية الهندسة.	
L_3	حالة الطالب في المستوى الثالث في كلية الهندسة.	
L_4	حالة الطالب في المستوى الرابع في كلية الهندسة.	
L_5	حالة الطالب في المستوى الخامس في كلية الهندسة.	
L_I	حالة تحويل الطالب من والى كلية الهندسة.	

L_{II}	حالة فصل الطالب من كلية الهندسة.	حالات ماصة
L_{III}	حالة تخرج الطالب من كلية الهندسة.	

وفيما يأتي الجداول التي توضح أعداد الطلبة المسجلين والباقين والمفصولين والمحولين من وإلى كلية الهندسة، وذلك خلال الفترة من ٢٠٠٠ حتى ٢٠١١ وذلك وفق الجداول الاتية:

جدول (٢) يوضح أعداد الطلبة المسجلين في كلية الهندسة حسب المستوى خلال الفترة الزمنية محل الدراسة (مضافاً إلى هذا الجدول أعداد الطلبة الجدد والطلبة الخريجين) ، حيث يعد الطالب في المستوى الأول بعد قبوله في الجامعة مباشرة، ويصنف في المستوى الثاني إذا أتم بنجاح دراسة (٣٥) ساعة معتمدة، وفي المستوى الثالث اذا اتم بنجاح دراسة (٧٠) ساعة معتمدة، وفي المستوى الرابع اذا اتم بنجاح دراسة (١٠٥) ساعة معتمدة، وفي المستوى الخامس اذا اتم بنجاح (١٤٠) ساعة معتمدة. ويعدّ الطالب خريجا إذا أتم بنجاح دراسة (١٧٥) ساعة معتمدة، بغض النظر عن الفصل الدراسي الذي يتخرج فيه إن كان الفصل الاول أو الثاني أو الصيفي (الجامعة الاسلامية، ٢٠٠٩) .

الجدول (٢)

أعداد الطلبة الجدد و المسجلين و الخريجين في كلية الهندسة في الفترة ٢٠٠٠/ ٢٠٠١- ٢٠١١/ ٢٠١٢

العام الجامعي	الطلبة الجدد×	المستوى الأول××	المستوى الثاني	المستوى الثالث	المستوى الرابع	المستوى الخامس	الخريجين
٢٠٠٠/ ٢٠٠١	٣٤٠	٣٤١	–	–	–	–	–
٢٠٠١/ ٢٠٠٢	٤٤١	٤٨٢	٣٩٥	–	–	–	–
٢٠٠٢/ ٢٠٠٣	٤٧٣	٤٩٥	٥٠٠	٣٩١	–	–	–
٢٠٠٣/ ٢٠٠٤	٥٢٠	٥٥٧	٥٥٨	٤٥٤	٣٦٧	–	–
٢٠٠٤/ ٢٠٠٥	٤٨٦	٥١٧	٥٧٦	٥٣٢	٤٢٥	٥١١	٣٠١
٢٠٠٥/ ٢٠٠٦	٤٤٣	٤٨٢	٥٣٥	٥٥٦	٥٠٥	٥٥٦	٣٩٩
٢٠٠٦/ ٢٠٠٧	٤٧٥	٥٥٥	٥١٧	٥٤٠	٥٠٦	٦١١	٤٢٩
٢٠٠٧/ ٢٠٠٨	٣٦٦	٣٩٩	٥٢٩	٥٠٦	٤٩٦	٦١٦	٤٦٤
٢٠٠٨/ ٢٠٠٩	–	–	٤٥٢	٥٠٨	٤٧٤	٦٠٢	٥٠٥
٢٠٠٩/ ٢٠١٠	–	–	–	٤٤٦	٤٧٧	٥٦١	٥٠٨

العام الجامعي	الطلبة الجدد×	المستوى الأول××	المستوى الثاني	المستوى الثالث	المستوى الرابع	المستوى الخامس	الخريجين
٢٠١٠/ ٢٠١١	–	–	–	–	٤٥٥	٥٨٥	٤٣١
٢٠١١/ ٢٠١٢	–	–	–	–	–	٥٤٢	٤٦٤
المجموع	٣٥٤٤	٣٨٢٨	٤٠٦٢	٣٩٣٣	٣٧٠٥	٤٥٨٤	٣٥٠١

*الطلبة الجدد: هم طلبة الثانوية العامة الذين أُعلن عن قبولهم في كلية الهندسة.

**المستوى الأول: هم الطلبة المسجلون فعلاً لمقررات المستوى الأول بكلية الهندسة.

ومن خلال الجدول السابق نجد أن:

متوسط عدد طلبة المستوى الخامس = $\frac{4584}{8} = 573$

متوسط عدد الخريجين السنوي= $\frac{3501}{8} = 438$

معدل التخرج السنوي= $\frac{\text{متوسط عدد الخريجين السنوي}}{\text{متوسط عدد طلبة المستوى الخامس}} \times 100$

$= \frac{438}{573} \times 100$

$= 76.4\%$

الجدول (٣)

يوضح اعداد الطلبة الباقين في المستوى الدراسي نفسه، أي هم الطلبة الذين لم يحالفهم الحظ، ولم يتموا عدد ساعات النجاح المطلوبة لانتقالهم إلى مستوى دراسي أعلى. وقد حُسبت هذه الأعداد حسب الآلية الآتية:

عدد الطلبة الباقين في مستوى معين= عدد طلبة هذا المستوى – صافي الطلبة المنتقلين من المستوى السابق

صافي طلبة المستوى السابق= عدد طلبة هذا المستوى السابق – [الباقون في هذا المستوى+ المفصولون من هذا المستوى+ المحولون من الكلية– المحولون إلى الكلية]

أولا: يُحسب عدد الطلبة الباقين في عمود المستوى الأول = الفرق بين الطلبة الجدد وطلبة المستوى الأول

ثانيا: يُحسب عدد الطلبة الباقين في المستويات الأخرى

الجدول (٣)

عدد الطلبة الباقين في نفس المستوى *

العام الجامعي	المستوى الأول	المستوى الثاني	المستوى الثالث	المستوى الرابع	المستوى الخامس
٢٠٠٠/ ٢٠٠١	٤١	–	–	–	–
٢٠٠١/ ٢٠٠٢	٢٢	٤٣	–	–	–
٢٠٠٢/ ٢٠٠٣	٣٧	١٠٧	٦٤	–	–
٢٠٠٣/ ٢٠٠٤	٣١	٦٠	٣٦	٨	–
٢٠٠٤/ ٢٠٠٥	٣٩	٧٠	٥٣	٢٦	٢١٠
٢٠٠٥/ ٢٠٠٦	٨٠	١٢٤	١٣٤	٨٤	١٥٧
٢٠٠٦/ ٢٠٠٧	٣٣	٢٤	٤٩	٣٨	١٨٢
٢٠٠٧/ ٢٠٠٨	١١	٧٣	٥٧	٢٨	١٥٢
٢٠٠٨/ ٢٠٠٩	–	٧١	٦٧	٣٩	٩٧
٢٠٠٩/ ٢٠١٠	–	–	٦٦	٧٦	٥٣
٢٠١٠/ ٢٠١١	–	–	–	٩٩	١٥٤
٢٠١١/ ٢٠١٢	–	–	–	–	٧٨
المجموع	٢٩٤	٥٧٢	٥٢٦	٣٩٨	١٠٨٣

* حسب بمعرفة الباحث

من خلال الجدول السابق نجد ان:

- احتمال بقاء الطالب في المستوى الاول هو: $P_{S1} = \frac{294}{3828} = 0.077$
- احتمال بقاء الطالب في المستوى الثاني هو: $P_{S2} = \frac{572}{4062} = 0.141$
- احتمال بقاء الطالب في المستوى الثالث هو: $P_{S3} = \frac{526}{3933} = 0.134$
- احتمال بقاء الطالب في المستوى الرابع هو: $P_{S4} = \frac{398}{3705} = 0.107$
- احتمال بقاء الطالب في المستوى الخامس هو: $P_{S5} = \frac{1083}{4586} = 0.236$

الجدولان (٤ & ٥) : يوضحان أعداد الطلبة المحولين من وإلى كلية الهندسة خلال الفترة الزمنية محل الدراسة، باعتبارهم حالة غير ماصة حيث إنه من ينتقل إلى هذه الحالة

يخرج منها، أي يمكنه العودة إلى الكلية حيث إن تحويل الطالب من الكلية: **يجوز للطالب التحويل برغبته إلى كلية اخرى في الجامعة لمرتين فقط، وذلك وفقا للشروط الآتية (الجامعة الاسلامية، ٢٠٠٩)** :

أ. إذا وجد مكان شاغر في الكلية المنتقل إليها.

ب. أن يكون معدَّله في الشهادة الثانوية مقبولاً في الكلية التي يرغب الانتقال إليها سنة التحاقه بالجامعة. ولكن يمكن التجاوز عن هذا الشرط إذا أنهى الطالب المستوى الأول بنجاح بمعدل تراكمي ٨٠٪ فما فوق.

الجدول (٤)

عدد الطلبة المحولين من كلية الهندسة في الفترة ٢٠٠٠/ ٢٠٠١ - ٢٠١١/ ٢٠١٢

العام الجامعي	المستوى الأول	المستوى الثاني	المستوى الثالث	المستوى الرابع	المستوى الخامس
٢٠٠٠/ ٢٠٠١	٠	–	–	–	–
٢٠٠١/ ٢٠٠٢	١	١	–	–	–
٢٠٠٢/ ٢٠٠٣	٣	١	٠	–	–
٢٠٠٣/ ٢٠٠٤	٤	١	٠	٠	–
٢٠٠٤/ ٢٠٠٥	٤	١	٠	٠	٠
٢٠٠٥/ ٢٠٠٦	٦	٢	٠	٠	٠
٢٠٠٦/ ٢٠٠٧	١١	٤	٠	٠	٠
٢٠٠٧/ ٢٠٠٨	٦	٤	٢	٠	٠
٢٠٠٨/ ٢٠٠٩	–	٢	١	٠	٠
٢٠٠٩/ ٢٠١٠	–	–	١	١	٠
٢٠١٠/ ٢٠١١	–	–	–	٢	٠
٢٠١١/ ٢٠١٢	–	–	–	–	٠
المجموع	٣٥	١٦	٤	٣	٠

من خلال الجدول السابق نجد أن:

- احتمال تحويل الطالب من المستوى الاول هو: $P_{1I} = \frac{35}{3828} = 0.009$
- احتمال تحويل الطالب من المستوى الثاني هو: $P_{2I} = \frac{16}{4062} = 0.004$

- احتمال تحويل الطالب من المستوى الثالث هو: $P_{3I} = \frac{4}{3933} = 0.001$
- احتمال تحويل الطالب من المستوى الرابع هو: $P_{4I} = \frac{3}{3705} = 0.0008$
- احتمال تحويل الطالب من المستوى الخامس هو: $P_{5I} = 0$

الجدول (٥)

عدد الطلبة المحولين إلى كلية الهندسة في الفترة ٢٠٠٠/ ٢٠٠١ - ٢٠١١/ ٢٠١٢

العام الجامعي	المستوى الأول	المستوى الثاني	المستوى الثالث	المستوى الرابع	المستوى الخامس
٢٠٠٠/ ٢٠٠١	٠	–	–	–	–
٢٠٠١/ ٢٠٠٢	٠	٠	–	–	–
٢٠٠٢/ ٢٠٠٣	٠	٠	٠	–	–
٢٠٠٣/ ٢٠٠٤	٠	٠	٠	٠	–
٢٠٠٤/ ٢٠٠٥	٠	٠	٠	٠	٠
٢٠٠٥/ ٢٠٠٦	٢	١	١	٠	٠
٢٠٠٦/ ٢٠٠٧	٢	١	١	١	٠
٢٠٠٧/ ٢٠٠٨	١	١	١	٠	٠
٢٠٠٨/ ٢٠٠٩	–	٢	٠	١	٠
٢٠٠٩/ ٢٠١٠	–	–	٠	٠	٠
٢٠١٠/ ٢٠١١	–	–	–	٠	٠
٢٠١١/ ٢٠١٢	–	–	–	–	٠
المجموع	٥	٥	٣	٢	٠

من خلال الجدول السابق نجد أن:

- احتمال تحويل الطالب إلى المستوى الاول هو: $P_{I1} = \frac{5}{15} = 0.333$
- احتمال تحويل الطالب إلى المستوى الثاني هو: $P_{I2} = \frac{5}{15} = 0.333$
- احتمال تحويل الطالب إلى المستوى الثالث هو: $P_{I3} = \frac{3}{15} = 0.20$
- احتمال تحويل الطالب إلى المستوى الرابع هو: $P_{I4} = \frac{2}{15} = 0.134$
- احتمال تحويل الطالب إلى المستوى الخامس هو: $P_{I5} = 0$

الجدول (٦) يوضح أعداد الطلبة المفصولين من كلية الهندسة خلال الفترة الزمنية

محل الدراسة، باعتبارهم حالة ماصة **حيث إنه من ينتقل إلى هذه الحالة لا يخرج منها، أي لا يمكنه العودة إلى الكلية حيث إنه (الجامعة الاسلامية، ٢٠٠٩)** :

١. يفصل الطالب أكاديمياً من الكلية: إذا أخفق في إلغاء التحذير الأكاديمي في مدة أقصاها فصلان دراسيان من تاريخ التحذير، حيث يوجّه هذا التحذير إلى كل طالب يقل معدله التراكمي عن ٦٥٪. ويفصل ايضا دون تحذير إذا قلّ معدله التراكمي عن ٥٥٪ في أي فصل من الفصول الدراسية باستثناء الفصل الأول من التحاقه بالجامعة.

٢. يفصل الطالب نهائياً من الجامعة: إذا تعرض إلى إحدى الحالات الآتية:

أ. اذا استنفذ المدة المسموح له بها في الجامعة دون ان يتخرج (ثمانية سنوات) .

ب. إذا فصل اكاديميا مرتين خلال فترة دراسته في الجامعة.

ت. إذا صدر بحقه قرار تأديبي يصادق عليه مجلس الجامعة.

ث. إذا انقطع عن الدراسة مدة تزيد عن أربعة فصول دراسية.

الجدول (٦)

عدد الطلبة المفصولين من كلية الهندسة في الفترة ٢٠٠٠/ ٢٠٠١ - ٢٠١١/ ٢٠١٢

العام الجامعي	المستوى الأول	المستوى الثاني	المستوى الثالث	المستوى الرابع	المستوى الخامس
٢٠٠٠/ ٢٠٠١	٣	–	–	–	–
٢٠٠١/ ٢٠٠٢	٢	١	–	–	–
٢٠٠٢/ ٢٠٠٣	٤	٢	٠	–	–
٢٠٠٣/ ٢٠٠٤	٦	١	١	٠	–
٢٠٠٤/ ٢٠٠٥	٩	٢	٠	٠	٠
٢٠٠٥/ ٢٠٠٦	٥	٤	١	٠	٠
٢٠٠٦/ ٢٠٠٧	٨	٣	٠	٠	٠
٢٠٠٧/ ٢٠٠٨	٤	٢	٢	٠	٠
٢٠٠٨/ ٢٠٠٩	–	٢	٢	٠	٠
٢٠٠٩/ ٢٠١٠	–	–	٠	٠	٠
٢٠١٠/ ٢٠١١	–	–	–	٠	٠
٢٠١١/ ٢٠١٢	–	–	–	–	٠

العام الجامعي	المستوى الأول	المستوى الثاني	المستوى الثالث	المستوى الرابع	المستوى الخامس
المجموع	٤١	١٧	٦	٠	٠

من خلال الجدول السابق نجد أن:

- احتمال فصل الطالب من المستوى الأول هو: $P_{1II} = \frac{41}{3828} = 0.01$
- احتمال فصل الطالب من المستوى الثاني هو: $P_{2II} = \frac{17}{4062} = 0.004$
- احتمال فصل الطالب من المستوى الثالث هو: $P_{3II} = \frac{6}{3933} = 0.002$
- احتمال فصل الطالب من المستوى الرابع هو: $P_{4II} = 0$
- احتمال فصل الطالب من المستوى الخامس هو: $P_{5II} = 0$

وبناءً على الاحتمالات السابقة فإن:

- احتمال انتقال الطالب من المستوى الأول إلى المستوى الثاني هو:

$$P_{12} = 1 - [P_{S1} + P_{1II} + P_{1I}] = 1 - [0.077 + 0.009 + 0.01] = 0.904$$

- احتمال انتقال الطالب من المستوى الثاني إلى المستوى الثالث هو:

$$P_{23} = 1 - [P_{S2} + P_{2II} + P_{2I}] = 1 - [0.141 + 0.004 + 0.004] = 0.851$$

- احتمال انتقال الطالب من المستوى الثالث إلى المستوى الرابع هو:

$$P_{34} = 1 - [P_{S3} + P_{3II} + P_{3I}] = 1 - [0.134 + 0.001 + 0.002] = 0.863$$

- احتمال انتقال الطالب من المستوى الرابع إلى المستوى الخامس هو:

$$P_{45} = 1 - [P_{S4} + P_{4II} + P_{4I}] = 1 - [0.107 + 0.0008 + 0] = 0.892$$

- احتمال انتقال الطالب من المستوى الخامس إلى حالة التخرج هو:

$$P_{5III} = 1 - [P_{S5} + P_{5II} + P_{5I}] = 1 - [0.236 + 0 + 0] = 0.764$$

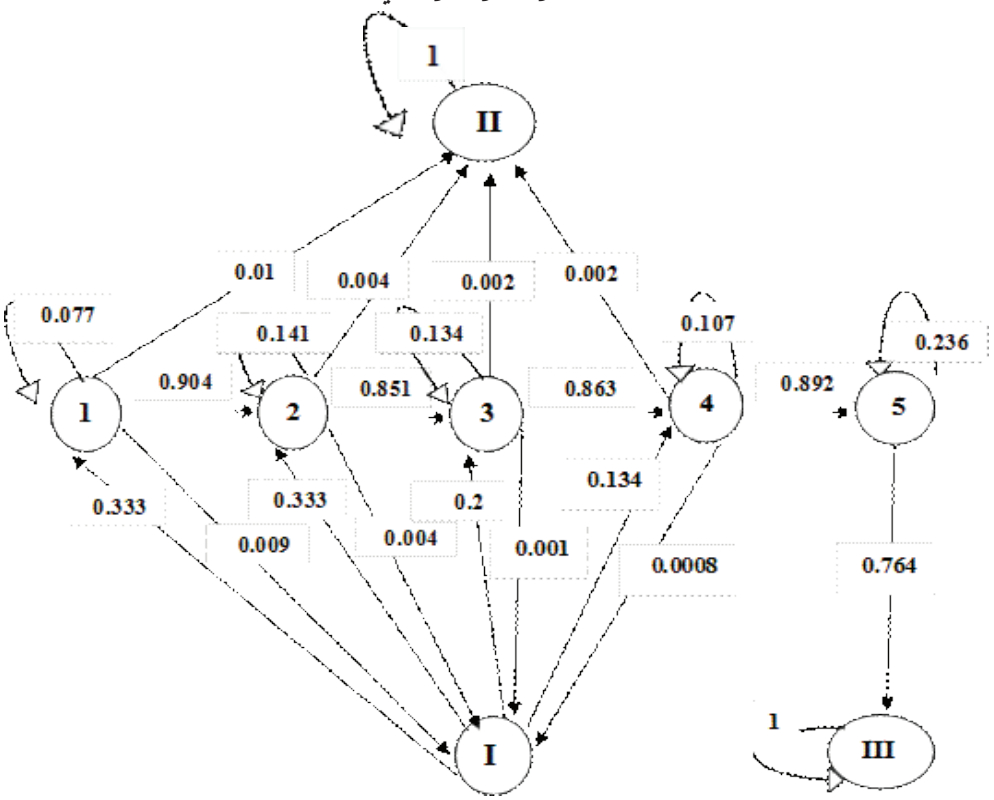
ومن خلال الاحتمالات السابقة يمكننا تكوين مصفوفة ماركوف الانتقالية (P) كالآتي:

$$\boldsymbol{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q} & \mathbf{R} \\ \mathbf{0} & \mathbf{I} \end{bmatrix}$$

$$P = \begin{array}{c} \\ L_1 \\ L_2 \\ L_3 \\ L_4 \\ L_5 \\ L_I \\ \\ L_{II} \\ L_{III} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccccc} L_1 & L_2 & L_3 & L_4 & L_5 & L_I & \cdots \end{array} \\ \left[\begin{array}{ccccccc} 0.077 & 0.904 & 0 & 0 & 0 & 0.009 & \vdots \\ 0 & 0.141 & 0.851 & 0 & 0 & 0.004 & \vdots \\ 0 & 0 & 0.134 & 0.863 & 0 & 0.001 & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0.107 & 0.892 & 0.0008 & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.236 & 0 & \vdots \\ 0.333 & 0.333 & 0.2 & 0.134 & 0 & 0 & \vdots \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots \end{array} \right. \end{array} \begin{array}{c} \\ L_{II} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{c} L_{III} \end{array} \\ \left.\begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0.764 \\ 0 \\ \cdots\cdots \\ 0 \\ 1 \end{array} \right] \end{array}$$

الشكل (١)

مخطط الاحتمالات الانتقالية



ومن خلال مصفوفة ماركوف الانتقالية (P) يمكننا تحديد المصفوفة الاساسية لسلسلة ماركوف الامتصاصية (N) كالآتي:

$$Q = \begin{bmatrix} 0.077 & 0.904 & 0 & 0 & 0 & 0.009 \\ 0 & 0.141 & 0.851 & 0 & 0 & 0.004 \\ 0 & 0 & 0.134 & 0.863 & 0 & 0.001 \\ 0 & 0 & 0 & 0.107 & 0.892 & 0.0008 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.236 & 0 \\ 0.333 & 0.333 & 0.2 & 0.134 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$(I - Q) = \begin{bmatrix} 0.923 & -0.904 & 0 & 0 & 0 & -0.009 \\ 0 & 0.859 & -0.851 & 0 & 0 & -0.004 \\ 0 & 0 & 0.866 & -0.863 & 0 & -0.001 \\ 0 & 0 & 0 & 0.893 & -0.892 & -0.0008 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.764 & 0 \\ -0.333 & -0.333 & -0.2 & -0.134 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$N = (I - Q)^{-1}$$

$$= \begin{bmatrix} 1.089 & 1.153 & 1.137 & 1.101 & 1.285 & 0.016 \\ 0.002 & 1.169 & 1.151 & 1.113 & 1.299 & 0.007 \\ 0.001 & 0.002 & 1.157 & 1.118 & 1.306 & 0.002 \\ 0 & 0.001 & 0.001 & 1.121 & 1.309 & 0.001 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.309 & 0 \\ 0.364 & 0.774 & 0.993 & 1.111 & 1.297 & 1.008 \end{bmatrix}$$

وعليه،،

- **لإيجاد مصفوفة متوسط ازمنة الامتصاص ابتداء من الحالات غير الماصة نتبع الآتي:**

$$M = (I - Q)^{-1} \cdot I = N \cdot I$$

$$= \begin{bmatrix} 1.089 & 1.153 & 1.137 & 1.101 & 1.285 & 0.016 \\ 0.002 & 1.169 & 1.151 & 1.113 & 1.299 & 0.007 \\ 0.001 & 0.002 & 1.157 & 1.118 & 1.306 & 0.002 \\ 0 & 0.001 & 0.001 & 1.121 & 1.309 & 0.001 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.309 & 0 \\ 0.364 & 0.774 & 0.993 & 1.111 & 1.297 & 1.008 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 5.781 \\ 4.741 \\ 3.585 \\ 2.432 \\ 1.309 \\ 5.547 \end{bmatrix}$$

ومن هذه المصفوفة يمكن استنتاج الآتي:

- متوسط زمن بقاء طالب المستوى الأول في كلية الهندسة إلى حين حصوله على درجة البكالوريوس هو (٥,٧٨١ فصل دراسي) أي أن الطالب بالإضافة إلى السنة الحالية يحتاج إلى ثلاث سنوات أخرى تقريباً.

- متوسط زمن بقاء طالب المستوى الثاني في كلية الهندسة لحين حصوله على درجة البكالوريوس هو (٤,٧٤١ فصل دراسي) أي ان الطالب بالإضافة إلى السنة الحالية يحتاج إلى سنتين ونصف تقريبا.

- متوسط زمن بقاء طالب المستوى الثالث في كلية الهندسة إلى حين حصوله على درجة البكالوريوس هو (٣,٥٨٥ فصل دراسي) أي أن الطالب بالإضافة إلى السنة الحالية يحتاج إلى سنتين تقريبا.

- متوسط زمن بقاء طالب المستوى الرابع في كلية الهندسة إلى حين حصوله على درجة البكالوريوس هو (٢,٤٣٢ فصل دراسي) أي أن الطالب بالإضافة إلى السنة الحالية يحتاج إلى سنة ونصف تقريبا.

- متوسط زمن بقاء طالب المستوى الخامس في كلية الهندسة لحين حصوله على درجة البكالوريوس هو (١,٣٠٩ فصل دراسي) أي أن الطالب بالإضافة إلى السنة الحالية يحتاج إلى سنة أخرى تقريباً.

- متوسط زمن بقاء الطلبة المحولين من والى كلية الهندسة إلى حين حصولهم على درجة البكالوريوس هو (٥,٥٤٧ فصل دراسي) أي أن الطلبة المحولين من وإلى الكلية يحتاجون إلى ثلاث سنوات تقريباً لكي يتخرجوا (مع العلم أن غالبية عمليات التحويل تتم بعد السنة الأولى).

مما سبق نلاحظ أنه بناءً على النتائج أن الطالب في المستوى الأول يحتاج إلى متوسط زمن بقاء غير منطقي لحصوله على درجة البكالوريوس، حيث إنه يحتاج إلى ثلاث سنوات فقط للتخرج.ويعزى ذلك إلى أن الخطة الدراسية المطبقة بكلية الهندسة لطالب المستوى الاول يحتوي جلها على مقررات عامة يتم دراستها مع زملائهم في كليات أخرى (أدنى من كلية الهندسة)، مما يتيح للطلبة فرصة النجاح والتميز في المستوى الأول مقارنة بزملائهم ويؤدي ذلك إلى انخفاض توقع مدة بقائهم في الكلية إلى حين التخرج.

في حين أن الطالب إذا اقترب من موعد تخرجه، وخاصة في المستوى الخامس فإنه يحتاج إلى فترة زمنية إضافية مقدارها عام تقريباً لكي يتمكن من التخرج، وهذا ما أوضحته الجداول السابقة من حيث ارتفاع أعداد الطلبة المسجلين في المستوى الخامس، وهذا يعود إلى ان هناك تراكماً في أعداد الطلبة الذين لم يتموا أو ينهوا عدد الساعات المطلوبة لتخرجهم (حتى لو تبقت عليهم ساعة دراسية واحدة).

- **للحصول على مصفوفة احتمالات التنقل من الحالات غير الماصة إلى الحالات الماصة (من المستويات الدراسية الخمسة إلى حالة التخرج وحالة الفصل من الكلية) نتبع الآتي:**

$$B = (I - Q)^{-1} \cdot R = N \cdot R$$

$$= \begin{bmatrix} 1.089 & 1.153 & 1.137 & 1.101 & 1.285 & 0.016 \\ 0.002 & 1.169 & 1.151 & 1.113 & 1.299 & 0.007 \\ 0.001 & 0.002 & 1.157 & 1.118 & 1.306 & 0.002 \\ 0 & 0.001 & 0.001 & 1.121 & 1.309 & 0.001 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.309 & 0 \\ 0.364 & 0.774 & 0.993 & 1.111 & 1.297 & 1.008 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.01 & 0 \\ 0.004 & 0 \\ 0.002 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0.764 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0.018 & 0.982 \\ 0.007 & 0.992 \\ 0.002 & 0.998 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0.009 & 0.991 \end{bmatrix}$$

ومن هذه المصفوفة يمكن استنتاج الآتي:

- بعد فاصل زمني مساوٍ ثلاث سنوات تقريباً من المتوقع حصول ٩٨,٢٪ من طلبة المستوى الأول على بكالوريوس هندسة (التخرج) .وباحتمال مقداره ٠,٠١٨ سوف يتعرض هؤلاء الطلبة إلى الفصل من الكلية.

- بعد فاصل زمني مساوٍ سنتين ونصف تقريباً من المتوقع حصول ٩٩,٢٪ من طلبة المستوى الثاني على بكالوريوس هندسة (التخرج) .وباحتمال مقداره ٠,٠٠٧ سوف يتعرض هؤلاء الطلبة إلى الفصل من الكلية.

- بعد فاصل زمني مساوٍ سنتين تقريبا من المتوقع حصول ٩٩,٨٪ من طلبة المستوى الثالث على بكالوريوس هندسة (التخرج) .وباحتمال مقداره ٠,٠٠٢ سوف يتعرض هؤلاء الطلبة إلى الفصل من الكلية.

- بعد فاصل زمني مقداره سنة ونصف تقريباً من المتوقع حصول جميع طلبة المستوى الرابع على بكالوريوس هندسة (التخرج) .مع عدم وجود احتمال فصل أي طالب منهم.

- بعد فاصل زمني مقداره عام واحد تقريباً من المتوقع حصول جميع طلبة المستوى الخامس على بكالوريوس هندسة (التخرج) .مع عدم وجود احتمال فصل أي طالب منهم.

- **للتنبؤ بأعداد الطلبة المتوقع حصولهم على بكالوريوس هندسة (التخرج) أو أن يتعرضوا إلى الفصل في السنوات الخمسة التي تلي فترة الدراسة نتبع الآتي:**

متوسط اعداد الطلبة المسجلين في المستويات الدراسية الخمسة خلال آخر سنة دراسية ٢٠١١/ ٢٠١٢ كالآتي:

المستوى الاول	المستوى الثاني	المستوى الثالث	المستوى الرابع	المستوى الخامس
٤٣٥	٤٠١	٣٩٩	٤٣١	٥٤٢

أي أن مصفوفة المتوسطات هي:

$$M = [435 \quad 401 \quad 399 \quad 431 \quad 542]$$

وبضرب المصفوفة W في المصفوفة B نحصل على الآتي:

$$F = W * B$$

$$F = \begin{bmatrix} 435 & 401 & 399 & 431 & 542 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.008 & 0.982 \\ 0.007 & 0.992 \\ 0.002 & 0.998 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7.085 & 2196.164 \end{bmatrix}$$

وبافتراض استقرار عملية قبول الطلبة وانتقالهم عبر مختلف المستويات ومن النتيجة السابقة نستنتج التالي:

- متوسط عدد الطلبة المتوقع حصولهم على بكالوريوس هندسة في خمسة السنوات القادمة (٢٠١٢/٢٠١٣ حتى ٢٠١٦/٢٠١٧) هو ٢١٩٦ طالب .
- متوسط عدد الطلبة المتوقع تعرضهم للفصل من الكلية في الفترة الزمنية القادمة نفسها هو ٧ طلاب.

ويتضح ذلك من الجدول الآتي:

الجدول (٧)

أعداد الطلبة المتوقع تخرجهم أو فصلهم (٢٠١٢/٢٠١٣ حتى ٢٠١٦/٢٠١٧)

السنة الدراسية	متوسط عدد الطلبة المتوقع انتقالهم إلى حالة التخرج	متوسط عدد الطلبة المتوقع انتقالهم الى حالة الفصل	الحالة السابقة
٢٠١٢/ ٢٠١٣	٤٢٧	٣	طلبة المستوى الخامس عام ٢٠١١/ ٢٠١٢
٢٠١٣/ ٢٠١٤	٣٩٨	٣	طلبة المستوى الرابع عام ٢٠١١/ ٢٠١٢
٢٠١٤/ ٢٠١٥	٣٩٨	١	طلبة المستوى الثالث عام ٢٠١١/ ٢٠١٢
٢٠١٥/ ٢٠١٦	٤٣١	٠	طلبة المستوى الثاني عام ٢٠١١/ ٢٠١٢

السنة الدراسية	متوسط عدد الطلبة المتوقع انتقالهم إلى حالة التخرج	متوسط عدد الطلبة المتوقع انتقالهم الى حالة الفصل	الحالة السابقة
٢٠١٦/ ٢٠١٧	٥٤٢	٠	طلبة المستوى الاول عام ٢٠١١/ ٢٠١٢
المجموع	٢١٩٦	٧	–

٤. النتائج والتوصيات:

توصل البحث إلى نتائج عدة أهمها:

١. متوسط عدد الخريجين السنوي هو ٤٣٨ طالب.

٢. معدل التخرج السنوي هو ٧٦,٤٪.

٣. بعد فاصل زمني مساوٍ إلى ثلاث سنوات تقريبا من المتوقع حصول ٩٨,٢٪ من طلبة المستوى الاول على بكالوريوس هندسة (التخرج) .وباحتمال مقداره ٠,٠١٨ سوف يتعرض هؤلاء الطلبة إلى الفصل من الكلية.

٤. بعد فاصل زمني مساوٍ إلى سنتين ونصف تقريباً من المتوقع حصول ٩٩,٢ ٪ من طلبة المستوى الثاني على بكالوريوس هندسة (التخرج) .وباحتمال مقداره ٠,٠٠٧ سوف يتعرض هؤلاء الطلبة إلى الفصل من الكلية.

٥. بعد فاصل زمني مساوٍ إلى سنتين تقريباً من المتوقع حصول ٩٩,٨٪ من طلبة المستوى الثالث على بكالوريوس هندسة (التخرج) .وباحتمال مقداره ٠,٠٠٢ سوف يتعرض هؤلاء الطلبة إلى الفصل من الكلية.

٦. بعد فاصل زمني مساوٍ إلى سنة ونصف تقريباً من المتوقع حصول جميع طلبة المستوى الرابع على بكالوريوس هندسة (التخرج) .مع عدم وجود احتمال فصل أي طالب منهم.

٧. بعد فاصل زمني مقداره سنة واحدة تقريباً من المتوقع حصول جميع طلبة المستوى الخامس على بكالوريوس هندسة (التخرج) .مع عدم وجود احتمال فصل أي طالب منهم.

٨. متوسط عدد الطلبة المتوقع حصولهم على بكالوريوس هندسة في الخمسة سنوات القادمة (٢٠١٢/ ٢٠١٣ حتى ٢٠١٦/ ٢٠١٧) هو ٢١٩٦ طالباً.

٩. متوسط عدد الطلبة المتوقع تعرضهم للفصل والتحويل من الكلية في الخمسة سنوات القادمة (٢٠١٢/ ٢٠١٣ حتى ٢٠١٦/ ٢٠١٧) هو ٧ طلاب.

أهم التوصيات:

١. تطبيق هذه الدراسة على الكليات المختلفة سواء ذات الأربع و الخمس والست مراحل دراسية، وعقد مقارنة بين الكليات و الجامعات المختلفة باستخدام أساليب إحصائية مختلفة.

٢. تطبيق هذه الدراسة على مستوى الجامعات الفلسطينية.

٣. استخدام سلاسل ماركوف الامتصاصية كآلية دقيقة لتحديد مخرجات التعليم العالي.

٤. نوصي المسئولين ومتخذي القرار بوضع الخطط المستقبلية لخريجي الجامعات الفلسطينية بناء على نتائج سلاسل ماركوف الامتصاصية.

المصادر والمراجع:

أولاً ـ المراجع العربية:

١. الجامعة الاسلامية (٢٠٠٩) ، "النظام الاكاديمي لدرجة البكالوريوس في الجامعة الاسلامية– غزة"، الجامعة الاسلامية، غزة، فلسطين.

٢. الجراد، خلف و حميدان، عدنان (٢٠٠٥) ، "أهمية السلاسل الماركوفية ودورها في تحليل مخرجات التعليم العالي"، مجلة جامعة دمشق للعلوم الاقتصادية والقانونية، المجلد٢١– العدد الثاني، دمشق، سوريا.

٣. الزيادي، صفاء (٢٠٠٣) ، "استخدام سلاسل ماركوف وبرمجة الاهداف في مخطط القوى العاملة مع التطبيق"، رسالة ماجستير غير منشورة، العراق.

٤. العذاري، مسلم و الوكيل، عبد الحسين (١٩٩١) ، "العمليات التصادفية"، مطبوعات جامعة الموصل، العراق

٥. المشهداني، كمال و شمخي، عدنان (١٩٩٠) ، "دراسة في استخدام سلاسل ماركوف في بناء نماذج تنقلات الطلبة في معاهد الادارة"، المعهد التكنولوجي، بغداد، العراق.

٦. تاج، لطفي و عمار، سرحان (٢٠٠٧) ، "مقدمة في العمليات العشوائية"، الطبعة الاولى، جامعة الملك سعود، الرياض، السعودية.

٧. حسين، عبد الكريم (٢٠٠٩) ، "استخدام المصفوفة الماركوفية في تقدير زمن بقاء الطالب في كلية الحقوق بجامعة دمشق"، مجلة جامعة دمشق للعلوم الاقتصادية والقانونية، المجلد٢٥: العدد الاول، سوريا.

ثانياً ـ المراجع الأجنبية:

1. *Oliver, c. (2009) ,"Markov Processes For Stochastic Modeling", Elsevier Academic Press, USA.*
2. *Parzen , E. , (1960) "Modern Probability Theory and Its Applications " , John Wiley and Sons.*
3. *Weckesser, W. (2005) "Lecture Notes: Markov Chains", Colgate University, USA.*