

## نهج احتمالي لموازنة الحمل في منصات الحوسبة السحابية

د. يعرب ديوب \*

د. محمد محمد \*\*

م. حاتم نمر ميهوب \*\*\*

(تاريخ الإيداع 2020/ 6/14 . قُبِلَ للنشر في 13 / 9 / 2020)

### □ ملخّص □

موازنة الحمل هي عملية توزيع مهام العملاء بين موارد الحوسبة المتعددة، مثل الآلات الافتراضية (Virtual Machines) VM والمخدّمات والشبكات. تعتبر موازنة الحمل مصدر قلق كبير في الحوسبة السحابية حيث يتزايد عدد العملاء الذين يطلبون الخدمة بشكل أسي. يمكن لنهج موازنة الحمل الفعال تحديد حمل أجهزة الـ VMS بشكل استباقي وتخصيص مهام العميل إلى الـ VMS وفقاً لذلك. في هذا البحث، نقدم آلية جديدة لموازنة الحمل في السحابة باستخدام نظرية الاحتمالات. الهدف الرئيسي من الطريقة المقترحة هو تخفيض الانحراف المعياري للحمل بين الآلات الافتراضية بحيث تكون قريبة من الصفر.

**الكلمات المفتاحية:** الحوسبة السحابية، موازنة الحمل، جدولة المهام، نظرية الاحتمالات، تخصيص الموارد.

\* استاذ مساعد في قسم تكنولوجيا المعلومات . كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات . جامعة طرطوس . سوريا

\*\* دكتور محاضر في الجامعة الافتراضية - كلية المعلوماتية والاتصالات - سوريا

\*\*\* طالب ماجستير في قسم تكنولوجيا المعلومات . كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات . جامعة طرطوس . سوريا

## A probabilistic approach for load balancing on cloud computing platforms

**\*Dr.Yaaroub Dayoub**

**\*\*Dr.Mohamed Mohamed**

**\*\*\*Eng.Hatem Maihoob**

(Received 14/6/2020. Accepted 13/ 9/2020)

### □ ABSTRACT □

Load balancing is the process of distributing customer tasks among multiple computing resources, such as virtual machines (VMs), servers and networks. It is a major concern in cloud computing as the number of customer demanding the service is growing exponentially. An efficient load balancing approach can detect the load of the VMs proactively and assigns the customer tasks to the VMs accordingly. In this paper, we present a mechanism on load balancing in cloud using probability theory. The main aim of the proposed approach is to reduce the standard deviation of the load between the virtual machines so that they are close to zero.

**Keywords:** cloud computing, load balancing, task scheduling, probability theory, resources allocation.

---

\*Assistant professor , Information Technology Engineering Department, Information and Communication Technology Engineering, Tartous University, Syria.

\*\* Lecturer doctor at Syrian Virtual University, Faculty of Information Technology and Communications, Syria

\*\*\*Student Master, Information Technology Engineering Department, Information and Communication Technology Engineering, Tartous University, Syria

**1- مقدمة:**

تعد الحوسبة السحابية نموذجاً لمشاركة الموارد (مثل الشبكات والخوادم ووحدات التخزين والتطبيقات والخدمات) والبرامج والمعلومات إلى أجهزة مختلفة للمستخدم عند الطلب [1]. تظهر الحوسبة السحابية نمواً مستمراً في مجتمع الأعمال لأنها توفر حلاً لخفض التكاليف للعملاء [2,10]. هذا النمو الهائل يجعل مقدمي الخدمات السحابية يركزون على الإدارة الفعالة للموارد. هناك حاجة أيضاً لتوزيع طلبات العملاء بشكل عادل على الآلات الافتراضية، بحيث يمكنها استيعاب عدد أكبر من طلبات العملاء دون زيادة البنية التحتية المادية [3].

تعد جدولة المهام المتوازنة مهمة جداً في الحوسبة السحابية وقد أعطيت اهتماماً كبيراً في السنوات الأخيرة. بغض النظر عن موازنة الحمل يجب على مزودي الخدمة تحديد بارامترات جودة الخدمة (Quality Of Service) مثل الإنتاجية Throughput والتوافرية Availability والمرونة flexibility وما إلى ذلك، لجذب عملائهم [4]. قد تندرج مهمة العميل في إحدى فئتين، إما أن تكون مهمة تتطلب جودة خدمة عالية أو مهمة تتطلب جودة خدمة منخفضة. المهمة التي تتطلب جودة خدمة عالية هي نوع من المهام التي يمكن تخصيصها إلى مجموعة فرعية من الآلات الافتراضية المتاحة، في حين أن المهمة التي تتطلب جودة خدمة منخفضة يمكن تعيينها إلى جميع الآلات الافتراضية المتاحة. لذلك فإن المهمة التي تتطلب جودة خدمة عالية لها أولوية أكبر من المهمة التي تتطلب جودة خدمة منخفضة. تتمثل مشكلة البحث الحالية في الحوسبة السحابية في جدولة مزيج من المهام التي تتطلب جودة خدمة عالية ومنخفضة إلى مجموعة من الآلات الافتراضية ذات قدرات معالجة مختلفة، بحيث يتم توزيع الحمل على الآلات الافتراضية بشكل عادل.

قدم العديد من الباحثين خوارزميات موازنة الحمل لتوزيع المهام على موارد الحوسبة. معظم هذه الخوارزميات لم تأخذ بعين الاعتبار بارامترات جودة الخدمة المقدمة.

في هذا البحث، قمنا بدراسة مشكلة جدولة المهام في الحوسبة السحابية بالاعتماد على نظرية الاحتمالات. يتكون النهج المقترح من مرحلتين، في المرحلة الأولى يتم فرز المهام بناءً على توفر الآلات الافتراضية. يتم حساب الأحمال الأولية لكل آلة افتراضية. في المرحلة الثانية يتم تخصيص المهام إلى الآلات الافتراضية وفقاً للأحمال الأولية التي تم حسابها في المرحلة الأولى ومن ثم تحديث الأحمال لكل آلة افتراضية بناءً على الأوضاع المستجدة.

**2- أهمية البحث وأهدافه:**

تستمد أهمية البحث من أهمية الحوسبة السحابية التي تشكل قطاع المستقبل وكمية البيانات الرقمية المتزايدة بشكل كبير جداً في السنوات القادمة. كذلك فإن الاستثمار الأمثل للمعدات الحاسوبية وموازنة الحمل السليمة تؤدي للاستخدام الأمثل لموارد الحوسبة بالتالي زيادة الاستخدامية Utilization والذي يؤدي بدوره إلى استثمار الموارد المتاحة بالشكل الأمثل بعيداً عن الحاجة لإضافة معدات جديدة بكلفة باهظة.

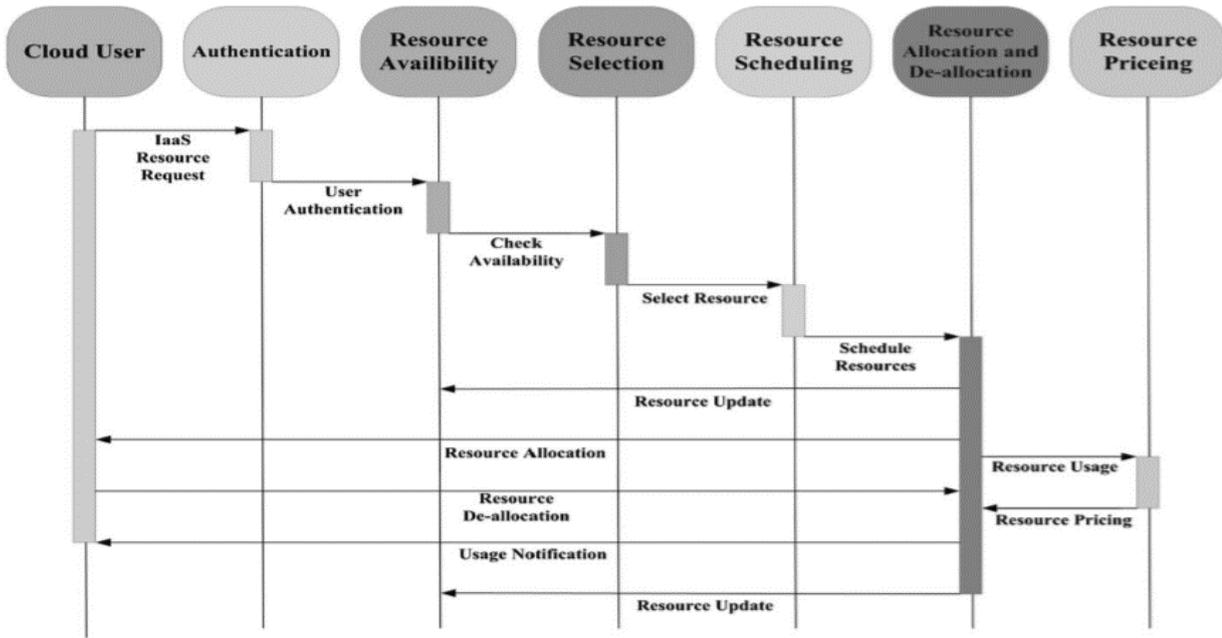
والمطلوب هو تطوير طريقة جديدة لإعادة توزيع الأحمال الكبيرة على عقد المعالجة في مراكز خدمة الحوسبة السحابية بالاعتماد على نظرية الاحتمالات، وذلك بهدف تحسين أداء النظام وتحقيق موازنة الحمل وجودة الخدمة.

### 3- طرق البحث ومواده:

#### 3-1 تخصيص الموارد:

السحابة عبارة عن مركز بيانات DC (Data Center) يقدم خدمات متعددة (مثل التخزين، الشبكة والخوادم وغيرها) عند الطلب عن طريق الانترنت [1]. يتكون مركز البيانات السحابية من عدد كبير جداً من المخدمات غير المتجانسة. يتم تمثيل كل مضيف برقم خاص ID، سعة المعالجة Capacity (تمثل عدد العمليات التي يمكن للمضيف تنفيذها خلال ثانية واحدة MIPS (Million Instruction Per Second) ) ، حجم الذاكرة وما إلى ذلك [5]. كل مضيف لديه العديد من الآلات الافتراضية، وكل آلة افتراضية لها سمات خاصة بها. عندما تصل الطلبات من العملاء إلى مركز البيانات السحابية يقوم موازن التحميل بتخصيصها لأحد الآلات الافتراضية [5].

يشير مصطلح تخصيص الموارد في الحوسبة السحابية إلى توزيع الموارد التي يمكن الوصول إليها إلى التطبيق السحابي المطلوب عن طريق الانترنت [6].  
يبين الشكل (1) عملية تخصيص الموارد.



الشكل (1) عملية تخصيص الموارد [6]

يوضح الشكل (1) أن عملية تخصيص الموارد تبدأ بإرسال طلب من قبل المستخدم، تتم معالجة طلب المستخدم واختيار الموارد المناسبة بحسب طريقة الجدولة المطبقة ضمن مركز البيانات السحابية، ثم يتم توجيه المستخدم إلى الآلة الافتراضية التي تم تخصيص مواردها.

#### 3-2 عملية موازنة الحمل:

الموارد المخصصة لكل آلة افتراضية مختلفة وعادة ما تتغير بشكل ديناميكي، وتستخدم هذه الموارد من أجل تقييم كل آلة افتراضية [7].

من أجل تسهيل الحسابات يتم تحديد عتبة عليا لكل بارامتر، عندما تتجاوز قيمة البارامتر هذه العتبة يتم اختيار قيمة العتبة بدلاً من القيمة الفعلية [7].

$$\begin{aligned} \tau_{cpu} &= \frac{P_{cpu}}{P_{max}} * 100\% && \text{CPU} \\ \tau_{mi} &= \frac{mi}{mi_{max}} * 100\% && \text{Internal storage} \\ \tau_{me} &= \frac{me}{me_{max}} * 100\% && \text{External storage} \\ \tau_i &= (\phi_1 * \tau_{cpu}) + (\phi_2 * \tau_{mi}) + (\phi_3 * \tau_{me}) && : \sum \phi = 1 \end{aligned}$$

حيث:

$P_{cpu}$ : طاقة المعالجة التي تطلبها المهمة.

$mi$ : التخزين الداخلي الذي تطلبه المهمة.

$me$ : التخزين الخارجي الذي تطلبه المهمة.

$P_{max}$ : العتبة العليا لطاقة المعالجة.

$mi_{max}$ : العتبة العليا للتخزين الداخلي.

$me_{max}$ : العتبة العليا للتخزين الخارجي

$\phi$  معامل وزن لضبط تأثير الموارد الفيزيائية في الحوسبة السحابية.

تقييم كل آلة افتراضية يتغير بشكل مستمر وذلك يتبع لعدة عوامل:

- ينقص تقييم الآلة الافتراضية  $\tau_j$  عندما يتم تخصيص مهمة جديدة إليها ومقدار النقص  $(1-\mu)$  في التقييم يكون بناءً على نسبة الموارد المستهلكة بالنسبة للموارد الكلية المخصصة لهذه العقدة [7]:

$$\tau_j(t+1) = (1-\mu) * \tau_j(t) \quad (1)$$

حيث:  $\mu$  معامل لتحديد درجة استهلاك الموارد.

- يزداد تقييم الآلة الافتراضية  $\tau_j$  عند الانتهاء من تنفيذ مهمة معينة ومقدار الزيادة في التقييم يكون بناءً على نسبة الموارد المحررة والتي كانت مخصصة لتلك المهمة.

$$\tau_j(t+1) = (1+v) * \tau_j(t) \quad (2)$$

حيث:  $v$  معامل متعلق بنسبة الموارد المحررة.

يتم حساب زمن التنفيذ المقدر للمهمة على كل آلة افتراضية وفق المعادلة [8]:

$$\text{Execution Time} = \frac{TL}{\text{Capacity} * \text{cores}(T)} \quad (3)$$

حيث:  $TL$  (Task Length): عدد العمليات الموجودة ضمن المهمة  $T$ .

$Capacity$ : معدل سعة المعالجة لكل نواة.

$Cores(T)$ : عدد النوى التي تحتاجها المهمة  $T$ .

يمكن تطبيق موازنة الحمل على مستويين، مستوى المضيف  $host level$  وهو يمثل الجهاز الفيزيائي الذي يحتوي مجموعة من الآلات الافتراضية، ومستوى الآلات الافتراضية  $VM level$  ويمثل الآلات الافتراضية التي تم تنصيبها على الجهاز الفيزيائي، في كل مستوى يوجد طريقتين للجدولة الأولى المشاركة بالزمن (Time sharing) TS والثانية المشاركة بالموارد (Space Sharing) SS [8].

إجمالي سعة المعالجة للجهاز الفيزيائي ثابتة وتعتمد على عدد النوى المادية وسعة المعالجة لكل نواة وبالتالي عندما يتم تخصيص هذه الموارد لمجموعة من المهام في وقت واحد وكل مهمة تتطلب مجموعة من نوى المعالجة، إذا كان العدد الإجمالي للنوى التي تحتاجها المهام أكبر من عدد النوى الفيزيائية يظهر مفهوم النواة الافتراضية [8]. سعة المعالجة للنواة الافتراضية أصغر أو تساوي سعة المعالجة للنواة الفيزيائية بالتالي فإن حساب معدل سعة المعالجة لكل نواة افتراضية يكون حسب طريقة الجدولة المطبقة على المستويين السابقين host level و VM level كما يلي:

(1) إذا كانت طريقة الجدولة في مستوى المضيف هي من النوع المشاركة بالموارد SS وطريقة الجدولة في مستوى الآلات الافتراضية هي من النوع المشاركة بالموارد SS [8] فإن السعة يمكن حسابها وفق العلاقة التالية:

$$\text{Capacity} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{cap}(i)}{n} \quad (4)$$

Cap(i): سعة المعالجة للنواة i.

n: عدد النوى الفيزيائية للمضيف.

(2) إذا كانت طريقة الجدولة في مستوى المضيف هي من النوع المشاركة بالزمن TS وطريقة الجدولة في مستوى الآلات الافتراضية هي من النوع المشاركة بالموارد SS [8] فإن السعة يمكن حسابها وفق العلاقة التالية:

$$\text{Capacity} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{cap}(i)}{\max(\sum_{k=1}^B \sum_{j=1}^a \text{cores}(j), n)} \quad (5)$$

B: العدد الأعظمي للآلات الافتراضية ضمن المضيف الحالي.

a: العدد الأعظمي للمهام التي يمكن أن تعمل في وقت واحد ضمن الآلة الافتراضية.

Cores(j): عدد النوى التي تحتاجها المهمة j.

(3) إذا كانت طريقة الجدولة في مستوى المضيف هي من النوع المشاركة بالموارد SS وطريقة الجدولة في مستوى الآلات الافتراضية هي من النوع المشاركة بالزمن TS [8] فإن السعة يمكن حسابها وفق العلاقة التالية:

$$\text{Capacity} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{cap}(i)}{\max(\sum_{j=1}^a \text{cores}(j), n)} \quad (6)$$

a: العدد الكلي للمهام ضمن الآلة الافتراضية.

(4) إذا كانت طريقة الجدولة في مستوى المضيف هي من النوع المشاركة بالزمن TS وطريقة الجدولة في مستوى الآلات الافتراضية هي من النوع المشاركة بالزمن TS [8] فإن السعة يمكن حسابها وفق العلاقة التالية:

$$\text{Capacity} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{cap}(i)}{\max(\sum_{j=1}^{\delta} \text{cores}(j), n)} \quad (7)$$

δ: عدد المهام ضمن المضيف.

بالتالي نسبة الحمل z<sub>i</sub> الذي تسببه المهمة i على الآلة الافتراضية z بالنسبة لباقي الآلات الافتراضية يحسب وفق المعادلة التالية:

من أجل كل Vm<sub>j</sub> يكون:

$$L_{ij} = \frac{ET_j * (1 - \bar{c}_j)}{\sum_{k=1}^m ET_{ik} * (1 - \bar{c}_k)} \quad (8)$$

m: عدد الآلات الافتراضية.

ET (Execution Time): زمن التنفيذ المتوقع للمهمة i على الآلة الافتراضية j.

تعطى مصفوفة الأحمال بالشكل التالي:

$$L = \begin{bmatrix} L_{11} & \dots & L_{1m} \\ L_{21} & \dots & L_{2m} \\ \dots & \dots & \dots \\ L_{n1} & \dots & L_{nm} \end{bmatrix}$$

حيث:

$$n \gg m$$

m: عدد الآلات الافتراضية ويمثل عدد أعمدة مصفوفة الأحمال.

n: عدد المهام ويمثل عدد أسطر مصفوفة الأحمال.

يتم حساب الحمل الكلي (Total Load) TL الذي تسببه جميع المهام على الآلة الافتراضية:

$$TL(VM_j) = \sum_{i=1}^n L_{ij} \quad (9)$$

عندما يتم تخصيص المهمة إلى الآلة الافتراضية يتم تحديث الأحمال لكل آلة افتراضية.

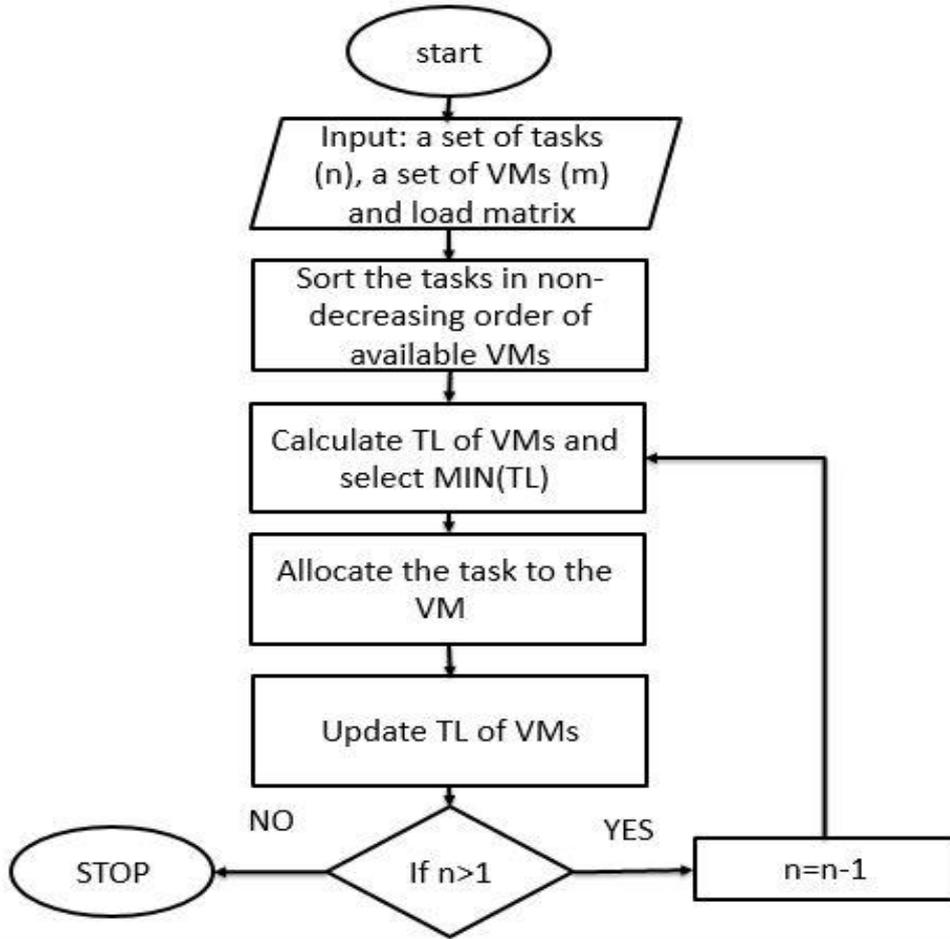
الحمل الجديد للآلة الافتراضية التي تم تخصيص المهمة إليها:

$$TL_{new}(VM_j) = TL_{old}(VM_j) + (1 - L_{ij}) \quad (10)$$

الحمل الجديد لباقي الآلات الافتراضية:

$$TL_{new}(VM_j) = TL_{old}(VM_j) - L_{ij} \quad (11)$$

يوضح الشكل (2) الخوارزمية المقترحة لموازنة الحمل:



الشكل (2) النهج المقترح

الهدف الأساسي من النهج المقترح هو تخفيض الانحراف المعياري  $\sigma$  للحمل الكلي Total Load (TL) بين الآلات الافتراضية بحيث تكون قيمته قريبة جداً من الصفر. حيث يستخدم الانحراف المعياري  $\sigma$  لقياس مدى تبعثر (تشتت) البيانات عن قيمة المتوسط الحسابي [9].

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (TL_j - \text{mean}(TL))^2} \quad (12)$$

mean(TL): المتوسط الحسابي للأحمال على جميع الآلات الافتراضية.

#### 4- النتائج والمناقشة:

يوضح الجدول (1) مصفوفة الأحمال L المولدة عشوائياً حيث كل خانة تمثل الحمل  $J_{iL}$  الذي تسببه المهمة  $T_i$  على الآلة افتراضية  $VM_j$  بالنسبة لباقي الآلات الافتراضية بالتالي مجموع كل سطر يساوي الواحد وتشير علامة X إلى أن الآلة الافتراضية غير متاحة للمهمة.

الجدول (1) مصفوفة الأحمال قبل ترتيبها

Tasks \ VMs	VM1	VM2	VM3	VM4
T1	0.5	0.25	0.25	X
T2	0.3	X	0.4	0.3
T3	X	0.5	0.25	0.25
T4	0.10	0.20	X	0.70
T5	0.40	0.60	X	X
T6	X	0.5	0.25	0.25
T7	0.30	0.10	0.40	0.20
T8	0.80	X	X	0.20
T9	X	0.30	0.20	0.50
T10	0.40	X	0.20	0.40
T11	0.25	0.3	0.15	0.3
T12	0.4	0.1	0.1	0.4
Total Load (TL)	3.45	3	2.3	3.25

سيتم تطبيق خوارزمية Round Robin على المصفوفة الموضحة في الجدول (1) حيث تبدأ الخوارزمية بتخصيص المهمة الأولى للآلة الافتراضية المتاحة الأولى ثم تنتقل إلى الآلة الافتراضية المتاحة التالية، ويتم تكرار هذه العملية بشكل دوار حتى يتم تخصيص جميع المهام. في كل مرة يتم تخصيص مهمة معينة إلى إحدى الآلات الافتراضية يتم تحديث الحمل الكلي للآلة الافتراضية التي تم تخصيص المهمة إليها وفقاً للمعادلة (10)، ويتم تحديث الحمل الكلي لباقي الآلات الافتراضية وفقاً للمعادلة (11).

1- يتم تطبيق المعادلة (9) على بيانات الجدول (1) لحساب الحمل الكلي  $TL(VM_j)$  على

كل آلة افتراضية:

$$TL(VM1) = \sum_{i=1}^{12} Li1 = 3.45$$

$$TL(VM2) = \sum_{i=1}^{12} Li2 = 3$$

$$TL(VM3) = \sum_{i=1}^{12} Li3 = 2.3$$

$$TL(VM4) = \sum_{i=1}^{12} Li4 = 3.25$$

2- يتم تخصيص المهمة T1 الموجودة ضمن الجدول (1) إلى الآلة الافتراضية VM1

وبالتالي يتم تحديث الحمل الكلي للآلة الافتراضية VM1 وفقاً للعلاقة (10) كما يلي:

$$TL(VM1) = 3.45 + (1 - 0.5) = 3.95$$

3- يتم تحديث الحمل الكلي لباقي الآلات الافتراضية المتاحة VM2, VM3 وفقاً للمعادلة

(11) كما يلي:

$$TL(VM2) = 3 - 0.25 = 2.75$$

$$TL(VM3) = 2.3 - 0.25 = 2.05$$

4- يبقى الحمل الكلي نفسه بالنسبة للآلات الافتراضية التي لم تكن متاحة للمهمة

$$TL (VM4) = 3.25$$

5- تكرار الخطوات السابقة بشكل دوار حتى يتم تخصيص جميع المهام.

يوضح الجدول (2) نتائج تطبيق الخطوات السابقة على مصفوفة الأحمال الموضحة في الجدول (1) باستخدام خوارزمية Round Robin (RR) حيث تشير الخانات التي باللون الغامق إلى الآلة الافتراضية التي تم تخصيص المهمة إليها، وتوضح القيم في الجدول تغير نسبة الحمل على كل آلة افتراضية عند كل عملية تخصيص لمهمة جديدة.

الجدول (2) نتائج تطبيق خوارزمية Round Robin

Tasks \ VMs	VM1	VM2	VM3	VM4
TL	3.45	3	2.3	3.25
T1	3.95	2.75	2.05	3.25
T2	3.65	2.75	2.65	2.95
T3	3.65	2.25	2.40	3.70
T4	4.55	2.05	2.40	3
T5	4.15	2.45	2.40	3
T6	4.15	1.95	3.15	2.75
T7	3.85	1.85	2.75	3.55
T8	4.05	1.85	2.75	3.35
T9	4.05	2.55	2.55	2.85
T10	3.65	2.55	3.35	2.45
T11	3.40	2.25	3.20	3.15
T12	4	2.15	3.10	2.75

نلاحظ من الجدول (2) بأن نسبة الحمل الكلي لكل آلة افتراضية مختلفة عن الأخرى، وبتطبيق العلاقة (12) لحساب الانحراف المعياري للحمل على الآلات الافتراضية بعد الانتهاء من تخصيص جميع المهام نجد أن:

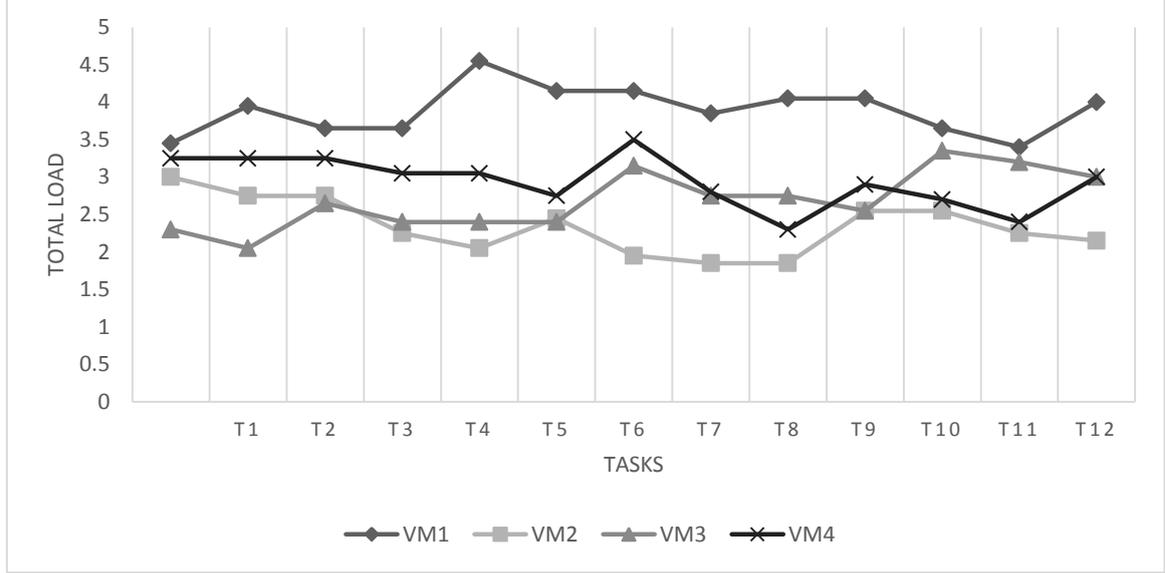
$$Average(TL) = \frac{4 + 2.15 + 3.10 + 2.75}{4} = 3$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (TL(VM_j) - Average(TL))^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(4-3)^2 + (2.15-3)^2 + (3.10-3)^2 + (2.75-3)^2}{4}} = 0.6698$$

وبالتالي فإن عملية موازنة الحمل تمت ولكن مع مقدار انحراف معياري للأحمال عن قيمة المتوسط الحسابي وبالتالي هذه النتيجة ليست أفضل نتيجة يمكن الوصول إليها ولم تحقق أفضل استخدامية Utilization ممكنة للموارد المتاحة لأن هذه الخوارزمية لم تأخذ بعين الاعتبار الحمل الذي تسببه المهمة على الآلة الافتراضية أثناء عملية تخصيص المهام.

يوضح الشكل (3) الحمل الكلي على كل آلة افتراضية خلال عملية تخصيص المهام باستخدام خوارزمية Round Robin، حيث نلاحظ الفروقات في الحمل على كل آلة افتراضية خلال عملية تخصيص المهام حيث يوجد آلات افتراضية عليها حمل عالي وأخرى عليها حمل منخفض وهذا سبب زيادة في قيمة الانحراف المعياري  $\sigma$ .



الشكل (3) مخطط الحمل الكلي خلال عملية تخصيص المهام في خوارزمية RR

يوضح الجدول (3) نتائج تطبيق خوارزمية Equally Spread على مصفوفة الأحمال الموضحة في الجدول (1) حيث تشير الخانات التي باللون الغامق إلى الآلة الافتراضية التي تم تخصيص المهمة إليها، وتوضح القيم في الجدول تغير نسبة الحمل على كل آلة افتراضية عند كل عملية تخصيص لمهمة جديدة.

الجدول (3) نتائج تطبيق خوارزمية Equally Spread

Task \ VMs	VM1	VM2	VM3	VM4
	3.45	3		3.25
T1	3.95	2.75	2.05	3.25
T2	3.65	2.75	2.65	2.95
T3	3.65	3.25	2.40	2.70
T4	3.55	3.05	2.40	3
T5	4.15	2.45	2.40	3
T6	4.15	1.95	3.15	2.75
T7	3.85	2.85	2.75	2.55
T8	3.05	2.85	2.75	3.35
T9	3.05	3.55	2.55	2.85
T10	3.65	3.55	2.35	2.45
T11	3.40	3.25	3.20	2.15
T12	3	3.15	3.10	2.75

نلاحظ من الجدول (3) بأن نسبة الحمل الكلي لكل آلة افتراضية مختلفة عن الأخرى، وينطبق العلاقة (12) لحساب الانحراف المعياري للحمل على الآلات الافتراضية بعد الانتهاء من تخصيص جميع المهام نجد أن:

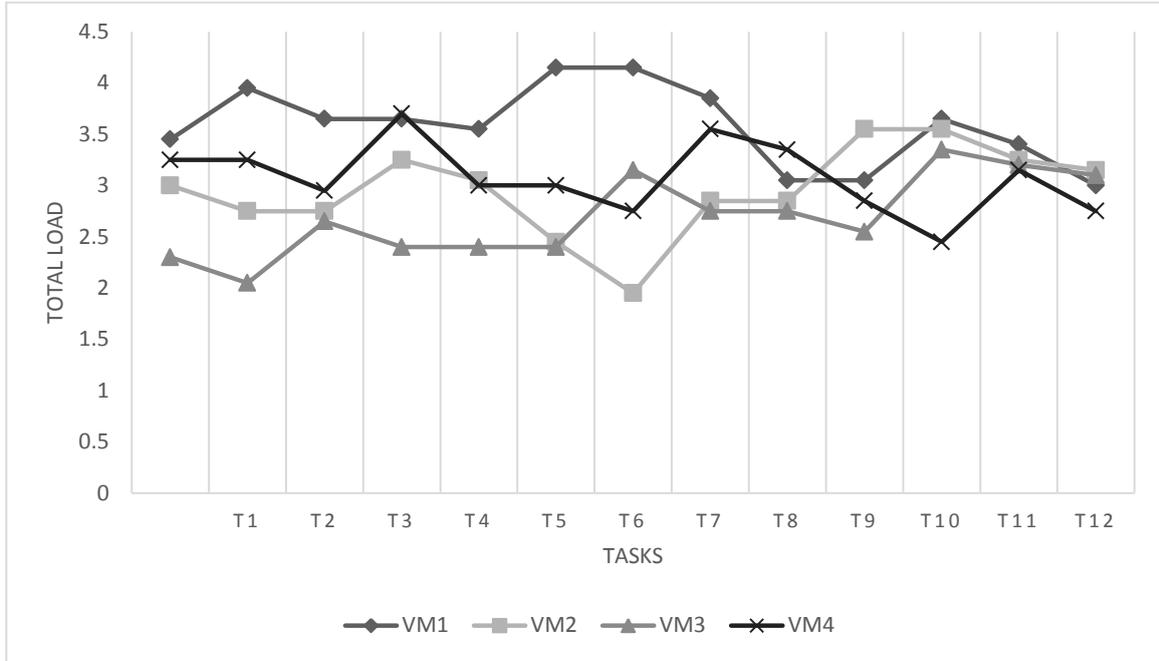
$$Average(TL) = \frac{3 + 3.15 + 3.10 + 2.75}{4} = 3$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (TL(VM_j) - Average(TL))^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(3-3)^2 + (3.15-3)^2 + (3.10-3)^2 + (2.75-3)^2}{4}} = 0.1541$$

وبالتالي فإن عملية موازنة الحمل تمت ولكن مع مقدار انحراف معياري للأحمال عن قيمة المتوسط الحسابي وبالتالي هذه النتيجة ليست أفضل نتيجة يمكن الوصول إليها ولم تحقق أفضل استخدامية Utilization ممكنة للموارد المتاحة لأن هذه الخوارزمية لم تأخذ بعين الاعتبار الحمل الذي تسببه المهمة على الآلة الافتراضية أثناء عملية تخصيص المهام.

يوضح الشكل (4) مخطط الحمل الكلي على كل آلة افتراضية خلال عملية تخصيص المهام في خوارزمية Equally Spread. ونلاحظ كذلك الفروقات في الحمل على كل آلة افتراضية حيث يوجد آلات افتراضية عليها حمل عالي وأخرى عليها حمل منخفض وهذا سبب زيادة في قيمة الانحراف المعياري  $\sigma$ .



الشكل (4) مخطط الحمل الكلي خلال عملية تخصيص المهام في خوارزمية ES

لتطبيق النهج المقترح لخوارزمية موازنة الحمل على المصفوفة الموضحة في الجدول (1) نقوم أولاً بإعادة ترتيب المهام بحسب الآلات الافتراضية المتاحة لكل مهمة من الأدنى إلى الأعلى (non-decreasing order) فنحصل على المصفوفة المرتبة الموضحة في الجدول (4):

الجدول (4) مصفوفة الأحمال بعد ترتيبها

VMs \ Tasks	VM1	VM2	VM3	VM4
T5	0.4	0.6	X	X
T6	X	0.65	0.35	X
T8	0.8	X	X	0.2
T1	0.5	0.25	0.25	X
T2	0.3	X	0.4	0.3
T3	X	0.5	0.25	0.25
T4	0.1	0.2	X	0.7
T9	X	0.3	0.2	0.5
T10	0.4	X	0.2	0.4
T7	0.3	0.1	0.4	0.2
T11	0.25	0.3	0.15	0.3
T12	0.4	0.1	0.1	0.4

1- يتم تطبيق المعادلة (9) على بيانات الجدول (4) لحساب الحمل الكلي  $TL(VM_j)$  على

كل آلة افتراضية:

$$TL(VM1) = \sum_{i=1}^{12} Li1 = 3.45$$

$$TL(VM2) = \sum_{i=1}^{12} Li2 = 3$$

$$TL(VM3) = \sum_{i=1}^{12} Li3 = 2.3$$

$$TL(VM4) = \sum_{i=1}^{12} Li4 = 3.25$$

2- نختار الآلة الافتراضية ذات الحمل الكلي الأقل من بين الآلات الافتراضية المتاحة للمهمة

لتخصيص المهمة إليها.

$$\text{Min}(TL(VM1), TL(VM2)) = TL(VM2)$$

3- تحديث الحمل الكلي للآلة الافتراضية التي تم تخصيص المهمة إليها وفق المعادلة (10):

$$TL(VM2) = 3 + (1 - 0.6) = 3.4$$

4- تحديث الحمل الكلي لباقي الآلات الافتراضية التي كانت متاحة للمهمة وفق المعادلة (11):

$$TL(VM1) = 3.45 - 0.4 = 3.05$$

5- يبقى الحمل الكلي نفسه بالنسبة للآلات الافتراضية التي لم تكن متاحة للمهمة.

6- العودة للخطوة 2 حتى يتم تخصيص جميع المهام.

يوضح الجدول (5) نتائج تطبيق الخطوات السابقة على جميع المهام ضمن مصفوفة الأحمال الموضحة في

الجدول (1)، حيث تشير الخانات التي باللون الغامق إلى الآلة الافتراضية التي تم تخصيص المهمة إليها، وتوضح

القيم في الجدول تغير نسبة الحمل على كل آلة افتراضية عند كل عملية تخصيص لمهمة جديدة.

الجدول (5) نتائج تطبيق النهج المقترح

Tasks \ VMs	VM1	VM2	VM3	VM4
TL	3.45	3	2.3	3.25
T5	3.05	3.4	2.3	3.25
T6	3.05	2.75	2.95	3.25
T8	3.25	2.75	2.95	3.05
T1	2.75	3.5	2.7	3.05
T2	2.45	3.5	3.3	2.75
T3	2.45	3	3.05	3.5
T4	3.35	2.8	3.05	2.8
T9	3.35	3.5	2.85	2.3
T10	2.95	3.5	2.65	2.9
T7	2.65	3.4	3.25	2.7
T11	3.4	3.1	3.1	2.4
T12	3	3	3	3

نلاحظ من الجدول (5) بأن الحمل الكلي على كل آلة افتراضية بعد تخصيص جميع المهام هو 3، وكل آلة افتراضية تُخصص لها 3 مهام مع الأخذ بعين الاعتبار الموارد الفيزيائية للآلة الافتراضية وحجم المهمة.

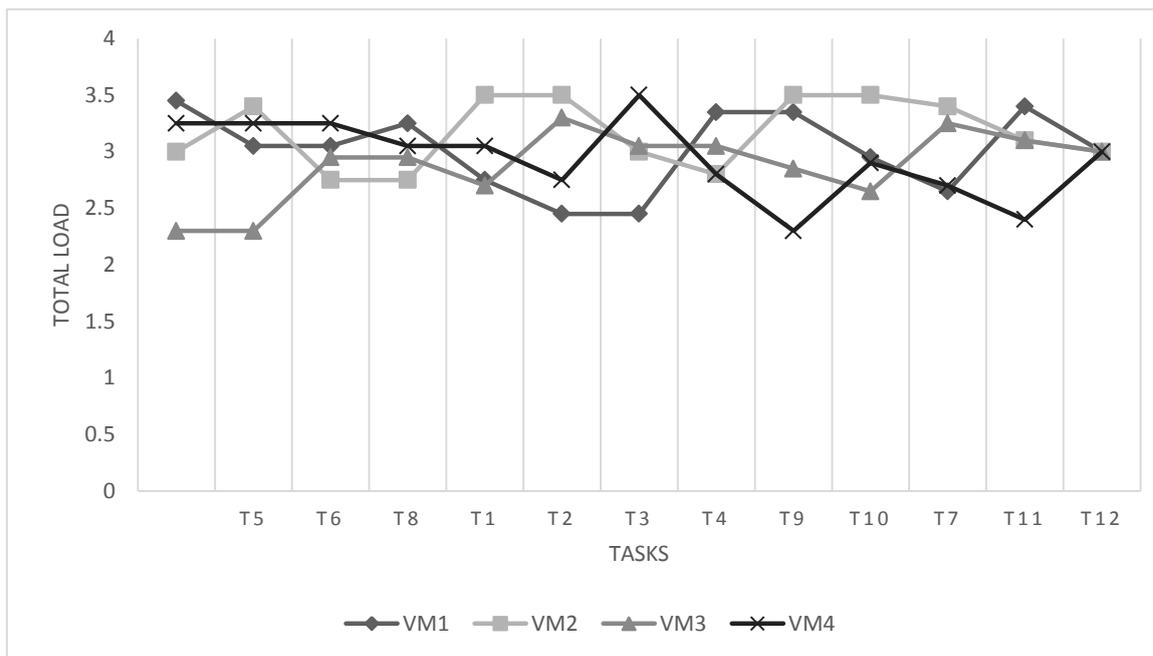
بتطبيق المعادلة (12) لحساب الانحراف المعياري للحمل على الآلات الافتراضية بعد الانتهاء من تخصيص جميع المهام نجد أن:

$$Average(TL) = \frac{3+3+3+3}{4} = 3$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (TL(VM_j) - Average(TL))^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(3-3)^2 + (3-3)^2 + (3-3)^2 + (3-3)^2}{4}} = 0$$

نلاحظ أن قيمة الانحراف المعياري  $\sigma = 0$  وهي أفضل نتيجة يمكن الوصول إليها، حيث أن الحمل على كل آلة افتراضية بعد الانتهاء من تخصيص جميع المهام هو نفسه، وهذه الحالة تمثل أفضل استخدامية Utilization ممكنة للموارد المتاحة لأنه تم توزيع المهام بشكل عادل على الآلات الافتراضية والأخذ بعين الاعتبار الموارد المخصصة لكل آلة افتراضية والحمل الحالي على كل منها أثناء عملية التخصيص. يوضح الشكل (5) مخطط الحمل الكلي على كل آلة افتراضية خلال عملية تخصيص المهام.



الشكل (5) الحمل الكلي على كل آلة افتراضية خلال عملية تخصيص المهام

يوضح الجدول (6) مقارنة بين نتائج الخوارزميات السابقة:

الجدول (6) مقارنة نتائج الخوارزميات

الخوارزمية	الانحراف المعياري	الحمل الأعلى	الحمل الأدنى
RR	0.6698	4	2
ES	0.1541	3	3
النهج المقترح	0	3	3

نلاحظ من الجدول (6) بأن قيمة الانحراف المعياري في النهج المقترح يحقق موازنة الحمل الأمثل والتي تراعي قدرة الآلة الافتراضية ومواردها، ونلاحظ أيضاً أن نسبة الحمل على كل آلة افتراضية تساوي قيمة المتوسط الحسابي لجميع الأحمال على جميع الآلات الافتراضية، وبالتالي الانحراف المعياري يساوي الصفر، بينما خوارزمتي Round Robin و Equally Spread فإن نسبة الحمل بين الآلات الافتراضية منحرفة عن المتوسط الحسابي للحمل لذلك فإن موازنة الحمل تمت لكن ليست بالشكل الأمثل الذي يراعي الموارد المخصصة لكل آلة افتراضية.

## 5- الاستنتاجات والتوصيات:

في هذا البحث، قمنا بتطوير خوارزمية احتمالية لموازنة الحمل في منصات الحوسبة السحابية، ضمن بيئة غير متجانسة من حيث الموارد المخصصة للآلات الافتراضية. تم في بداية البحث إجراء دراسة تأخذ بعين الاعتبار الموارد المخصصة لكل آلة افتراضية وتوظيفها في توليد مصفوفة الأحمال. أظهرت النتائج بأن الخوارزمية المقترحة تقدم موازنة حمل فعالة وأمثلية بالمقارنة مع نتائج موازنة الحمل لخوارزمتي Round Robin و Equally Spread الشهيرتين والأكثر استخداماً في جدولة المهام، تمت مقارنة النهج المقترح مع الخوارزميتين السابقتين من حيث الانحراف المعياري والحمل الأعلى والحمل الأدنى للآلات الافتراضية. تم في هذا الورقة اعتبار أن وصول المهام إلى

مركز البيانات السحابية يكون على دفعات، سيكون أكثر واقعية إذا تم اعتبار وصول المهام إلى مركز البيانات السحابية عشوائياً [12][11][10] ، وتطوير النهج الحالي بطريقة تراعي الوصول العشوائي للمهام.

## 6- المراجع:

[1] Rashid, A., & Chaturvedi, A. (2019). Cloud computing characteristics and services: a brief review. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 7(2), 421-426.

[2] Singh, P., Dutta, M., & Aggarwal, N. (2017). A review of task scheduling based on meta-heuristics approach in cloud computing. *Knowledge and Information Systems*, 52(1), 1-51.

[3] Panda, S. K., & Jana, P. K. (2018). Normalization-based task scheduling algorithms for heterogeneous multi-cloud environment. *Information Systems Frontiers*, 20(2), 373-399.

[4] Panda, S. K., & Jana, P. K. (2017). SLA-based task scheduling algorithms for heterogeneous multi-cloud environment. *The Journal of Supercomputing*, 73(6), 2730-2762.

[5] Mishra, S. K., Sahoo, B., & Parida, P. P. (2018). Load balancing in cloud computing: a big picture. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*.

[6] Madni, S. H. H., Latiff, M. S. A., & Coulibaly, Y. (2017). Recent advancements in resource allocation techniques for cloud computing environment: a systematic review. *Cluster Computing*, 20(3), 2489-2533.

[7] Gao, R., & Wu, J. (2015). Dynamic load balancing strategy for cloud computing with ant colony optimization. *Future Internet*, 7(4), 465-483.

[8] Chien, N. K., Son, N. H., & Loc, H. D. (2016, January). Load balancing algorithm based on estimating finish time of services in cloud computing. In *2016 18th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)* (pp. 228-233). IEEE.

[9] Leys, C., Ley, C., Klein, O., Bernard, P., & Licata, L. (2013). Detecting outliers: Do not use standard deviation around the mean, use absolute deviation around the median. *Journal of Experimental Social Psychology*, 49(4), 764-766.

[10] Dayoub, Y. (2015). Stochastic logicallinguistic approachMulti-level automated object's dialogue control (MADC). *Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series*, 35(6).

[11] ديوب, يعرب. 2013، نمذجة المحادثة التعليمية المؤتمتة مع الكائن. مجلة جامعة البعث للعلوم

الطبيعية والهندسية والأساسية والتطبيقية في قطر العربي السوري، المجلد الخامس والثلاثون.

[12] ديوب, يعرب. 2019، التوجيه الديناميكي التنبؤي الملائم لحركة الكائن. مجلة جامعة طرطوس

للبحوث والدراسات العلمية في قطر العربي السوري، المجلد الثالث العدد السادس.