

مشكل جدول التوقيت

رفيق عمارة

أستاذ بقسم الإعلام الآلي، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

rafik.amara@g.ens-kouba.dz

مقدمة

يُعتبر الجدول الزمني، أو ما يسمى أيضا بجدول التوقيت، عنصرا مهما، في العديد من مجالات الحياة المهنية بصفة عامة والحياة الدراسية والجامعية بصفة خاصة، لتخطيط النشاطات البيداغوجية كالمحاضرات أو الاختبارات. ويُعدّ تصميم جداول التوقيت من أصعب المشاكل التي تواجه الإدارة لأنها تضمّ العديد من الجهات الفاعلة ويجب أن تراعى الكثير من القيود.

1. مفهوم جدول التوقيت

إن إعداد جدول التوقيت أو جدول استعمال الزمن عمل تربوي بيداغوجي هام، يسمح لمجموعة من الأفواج التربوية بالمؤسسة بممارسة أنشطة بيداغوجية وتربوية تحت إشراف مجموعة من الأساتذة المعيّنين لهذا الغرض، ويتم ذلك في أوقات محددة وأماكن معينة. لذا ينبغي أن يُكون جدول التوقيت من تفاعل ثلاثة عناصر أساسية هي: العنصر البشري (الأساتذة والطلبة)، عنصر الزمن (الوقت)، عنصر المكان (الحجرات أو القاعات العادية والمتخصصة).

إن إعداد جدول التوقيت عملية بالغة الأهمية في سير المؤسسة، وخاصة من حيث النشاط البيداغوجي. ويجسد جدول التوقيت التعليمات والمناشير والمواقيت الرسمية الخاصة بكل مادة، وإجراءات تطبيقها في الميدان على شكل وحدات بيداغوجية موزّعة على مختلف أيام الأسبوع بالتساوي وبعدالة، لتكون في صالح وخدمة التلاميذ الذين يمثلون محور العملية التربوية والتعليمية.

2. العناصر الفاعلة في جدول التوقيت

يتميز جدول الزمن بالمجموعات التالية:

1. مجموعة محدودة من المهام $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ بحيث تمثل e_i مهمة معينة قد تختلف من ميدان إلى آخر: محاضرة، أعمال مواجهة، امتحان، ورشة، إلخ.
2. مجموعة محدودة من الفترات الزمنية $T = \{t_1, t_2, \dots, t_r\}$ بحيث t_i هو مجال زمني محدود، مخصص لحصة تربوية. وقد تختلف مدة هذه الفترات حسب نوع المادة ونوع الحصة (محاضرة أو أعمال تطبيقية مثلاً).
3. مجموعة محدودة من القاعات $L = \{l_1, l_2, \dots, l_m\}$ ، وتختلف هذه القاعات حسب المواد الدراسية التي تدرس فيها والتي يمكن أن تكون: قاعة محاضرات، قاعة أعمال مواجهة، قاعة أعمال تطبيقية، مخبر، إلخ.
4. مجموعة محدودة من الأساتذة $P = \{p_1, p_2, \dots, p_v\}$ ، وتختلف هذه المجموعة حسب المادة التي تُدرس، حيث يمكن أن يكون: أستاذا محاضرا، أستاذ أعمال مواجهة، أستاذ أعمال تطبيقية، وذلك حسب اختلاف الرتب.

5. مجموعة محدودة من الأفواج التربوية $A = \{a_1, a_2, \dots, a_u\}$ يمكن تجميعها في مجموعات لأغراض بيداغوجية كالمحاضرات مثلاً.

يمكن تمثيل كل هذه العناصر في خماسية من الشكل $(e_i, t_j, I_k, p_q, a_u)$ بمعنى، تنجز المهمة e_i خلال الفترة الزمنية t_j داخل القاعة I_k من قِبَل الأستاذ p_q مع الفوج a_u .

3. القيود الواجب مراعاتها عند الإنجاز

إن مشكل جدول التوقيت لا يُحل بسهولة نظراً لوجود عدة مجموعات أو أطراف فاعلة لكل منها شروط خاصة بها، ينجر عنها جملة من القيود والمواصفات الواجب مراعاتها. وهناك نوعان من القيود:

1.3. القيود الإجبارية

وهي عبارة عن شروط ضرورية يجب اتباعها عند الإنجاز وبدونها يكون جدول التوقيت غير قابل للاستعمال، ويمكن تصنيفها كالآتي:

1.1.3. قيود أحادية

تخص القيود الأحادية الخماسية الواحدة وتنقسم إلى نوعين:

- قيود المنع (exclusion)، ودورها التأكد من توافق عنصر ما من الخماسية مع باقي العناصر، كأن تبرمج المحاضرة في قاعة لائقة بها أو أن يكون الأستاذ من اختصاص الوحدة المدرسة.
- قيود التخصيص (spécification)، وهي عكس النوع السابق، ودورها الحرص على ضرورة ارتباط عنصر خاص من الخماسية مع عنصر آخر منها، كأن تقام حصة الأعمال التطبيقية في القاعة TP2 مثلاً، نظراً لتوفرها على المعدات الخاصة بإنجاز الدرس.

2.1.3. قيود ثنائية

وهي قيود تهم زوجين من المهام، أي خماسيتين فيما بينهما، وتنقسم إلى ثلاثة أصناف:

- قيود متعلقة بالزمان والمكان، ودورها منع برمجة حصتين بيداغوجيتين متعارضتين فيما بينهما، كأن يدرّس الأستاذ نفسه فوجين في الوقت ذاته وفي قاعتين مختلفتين، أو أن تشترك القاعة ذاتها وفي الوقت ذاته في تدريس محاضرة في الفيزياء النووية وأخرى في الخوارزميات، أو أن تبرمج محاضرتان في الوقت ذاته وللمجموعة ذاتها.
- القيود الجوارية، وتختص بالترتيب في مجال الزمن بين مهمتين، كأن تبرمج المحاضرة قبل الأعمال الموجهة.

2.3. القيود التحسينية

وهي قيود تحسن من نوعية جدول التوقيت، ولكنها غير ضرورية، أي أن مراعاتها تجعل الجدول الناتج أفضل نوعية. وهي من عدة أنواع، نذكر منها:

1.2.3. القيود البيداغوجية

تعمل القيود البيداغوجية على تحسين الجانب البيداغوجي للجدول. على سبيل المثال:

- تجنب برمجة حصة واحدة في اليوم للطلبة أو للأستاذ.
- تفادي برمجة نوع الحصة ذاتها للوحدة ذاتها في اليوم ذاته، مثل برمجة محاضرتين لوحدة علم الخلية للمجموعة ذاتها وفي اليوم ذاته.

2.2.3. القيود الخاصة بالأساتذة

وهي التي تراعي الظروف الشخصية للأستاذ، مثل منحه يوم راحة في الأسبوع لأغراض شخصية.

3.2.3. القيود التنظيمية

التي تحرص مثلاً على التوزيع العادل والمتوازن للحصص في الأسبوع أو تفادي وجود ثغرات أو فراغات كبيرة بين الحصص البيداغوجية، مثلاً محاضرة على 8 صباحاً، ثم فراغ لـ 6 ساعات، ثم محاضرة أخرى.

4. إنجاز جدول التوقيت

أدت أهمية الجداول الزمنية وصعوبة إعدادها إلى ظهور العديد من طرق وتقنيات الحل. بالإضافة إلى الأساليب "الكلاسيكية"، ظهرت طرق حديثة تعتمد على الرياضيات (خاصة نظرية الرسم البياني) أو على تقنيات وبرامج الحاسوب.

1.4. الطرق الكلاسيكية

وهي طرق تُستعمل فيها وسائل وتقنيات بسيطة: لوح تنظيمي، ورق ملون، إلخ. ويرتبط فيها إنجاز الجدول بقدرة وكفاءة المكلف بالإنجاز. تمرّ هذه الطريقة بعدة مراحل:

1.1.4. مرحلة الإعداد

يتم فيها جمع المعلومات الأساسية، على سبيل المثال:

- الخريطة التربوية التي يحدد فيها عدد الأفواج والمجموعات حسب عدد الأساتذة المتوفرين لكل وحدة؛
- توزيع مهام الأساتذة حسب الكفاءة والأقدمية، إلخ؛
- كشف هياكل المؤسسة ومرافقها كعدد القاعات وأنواعها؛
- كشف تعداد الطلبة وتحديد الأفواج والمجموعات.

2.1.4. مرحلة الإنجاز

يتم ذلك عبر استعمال ثلاثة جداول: الأول خاص بالطلبة (الأفواج والمجموعات)، والثاني خاص بالأساتذة، والثالث خاص بالقاعات بكل أنواعها. هناك طريقة ثانية لذلك، وهي استعمال اللوح التنظيمي الذي يستخدم بطاقات ملونة تسجل فيها بعض المعلومات الخاصة بالمادة والأستاذ والفوج.

2.4. الطرق الحديثة

نظراً لأهمية الجداول الزمنية من ناحية، والتعقيد وتعدد القيود المتعلقة بإعدادها من ناحية أخرى، لجأت المؤسسات لاستخدام عدة طرق لحل مشكل جدول التوقيت، خاصة الطرق العلمية، أو ما سمينها بالحديثة، التي كان لها فضل كبير في تسهيل إعداد الجداول.

1.2.4. نظرية المخططات (البيانات)

تعدّ نظرية المخططات (أو نظرية البيانات) فرعاً من علم بحوث العمليات، وتسعى لإيجاد حلول للمسائل المعقدة. ولعل مسألة جداول التوقيت واحدة من تلك المسائل المعقدة التي ساهمت نظرية المخططات في اقتراح حلول لها، كاستعمال طريقة التلوين (graph coloration) أو طرق الجدولة (scheduling methods). على سبيل المثال، تمثل طريقة التلوين جدول التوقيت على شكل مخطط أو بيان (graph)، تظهر فيه القاعات والأساتذة على شكل

عُقد (nodes)، بينما تُمثل الفترات الزمنية بالأقواس (edges). والهدف تلوين الأقواس باستعمال أقل عدد من الألوان بحيث لا نجد قوسين باللون ذاته واقعين على العقدة ذاتها.

2.2.4. الخوارزميات الإرشادية

تدعى أيضا خوارزميات البحث الإرشادي (metaheuristics). إنها طرق لا شكلية قابلة للتكيف مع أي مشكل، وغالبا ما تكون مستوحاة من الطبيعة، مثل:

- البيولوجيا، كالشبكات العصبونية (neural networks)؛
 - خوارزمية النمل (ant colony optimization algorithm) المأخوذة من تصرفات النمل عند البحث عن الطعام، [5]؛
 - الخوارزميات الجينية (genetic algorithms) المستنبطة من نظرية داروين (البقاء للأفضل) [1]؛
 - الخوارزميات المستقاة من الفيزياء، مثل خوارزمية التلدين المحاكي (simulated annealing) المشابه لعملية تلدين المعدن، [3].
- يشبه العثور على الحل الأمثل للمشكلة إيجاد أقل طاقة لنظام معين. لذلك، عندما يبرد النظام، تنخفض الطاقة تدريجيًا، وبالمعنى ذاته، فإن حل المشكلة "ينخفض" إلى أقصى حد.

3.2.4. الأنظمة متعددة الوكلاء

يُطلق على النظام الذي يتكوّن من عدة وكلاء اسم النظام متعدد الوكلاء (Multi Agent System). ويمكن تعريف الوكيل الذي بأنه نظام مستقل يستقبل المعلومات من بيئته ويعالجها ويؤدي أعماله في بيئته. يمتلك الوكيل في النظام معلومات وقدرات غير مكتملة لغرض حل المسائل، وبالتالي لكل وكيل وجهة نظر محددة، ولا يوجد تحكم عام في النظام، وتكون البيانات غير مركزية والمعالجة غير متزامنة.

لقد استُعمل النظام متعدد الوكلاء لحل مشكل جدول التوقيت في عدة بحوث مثل [4,2].

4.2.4. برمجيات ونظم دعم القرار

من بين الجوانب السلبية للطرق السابقة صعوبة النمذجة ومراعاة جميع المتطلبات والخصوصيات المتعلقة بالجدول. نلاحظ أنه غالبًا ما يلجأ المستخدمون إلى انتهاج وسائل أخرى كاستخدام برمجيات وأدوات معلوماتية أو نُظُم دعم القرار.

نُظُم دعم القرار (Decision Support System) أو DSS هي عبارة عن تطبيقات حاسوبية تقوم بجمع وتنظيم وتحليل البيانات بهدف مساعدة الإدارة على اتخاذ القرارات الصحيحة التي من شأنها أن تساهم في إيصال المنشأة لأهدافها الموضوعية. هناك العديد من أدوات دعم القرار المخصصة لإعداد الجداول الزمنية مثل برنامج "جدول التوقيت" (EDT) [6]، وبرنامج "الجدولة المرئية" (Visually Timetabling) [7].

وفي الأخير، يمكننا القول إن كل هذه الطرق لم تنجح حتى الآن في حل هذه المشكلة بشكل نهائي، ولذا تظل المسألة مطروحة.

مراجع

1. حموش، س. ومسعودان، ك.: نحل مشكل جدول التوقيت لقسم الإعلام الآلي باستعمال الخوارزميات الجينية المتوازية. مذكرة تخرج، المدرسة العليا للأساتذة، القبة، 2015.

2. فرح، م. وماجد، ه.: تطوير نظام جدولة المحاضرات باستخدام الأنظمة متعددة الوكلاء، 2009. <http://repository.sustech.edu/handle/123456789/6693>
3. Leite, N., Melício, F. & Rosa, A. C.: A fast simulated annealing algorithm for the examination timetabling problem, Expert Systems with Applications, 122, 137-151, 2019.
4. Nouri, H. E., & Belkahla, O.: Résolution multi-agents du problème d'emploi du temps universitaire. Éditions universitaires européennes, 2015.
5. Thepphakorn T., Pongcharoen P. & Hicks C.: An ant colony based timetabling tool. International Journal of Production Economics, 149, 131-144, 2014.
6. Edt-soft, Logiciel de gestion des emplois du temps. <https://www.edt-soft.com>
7. Visual Timetabling. <http://visual.timetabling.free.fr>