**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HCM**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**

**KHOA KHOA HỌC & KỸ THUẬT MÁY TÍNH**

---------------o0o---------------



**ĐỀ CƯƠNG LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC**

**XÂY DỰNG CÔNG CỤ HỖ TRỢ XẾP THỜI KHÓA BIỂU CHO TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA DỰA TRÊN NỀN TẢNG CÔNG CỤ UNITIME**

**GVHD:** PGS.TS Bùi Hoài Thắng

**---o0o---**

**SVTH 1:** Lý Phúc Lợi 1833577

**SVTH 2:** Nguyễn Hoàng Thanh Long 1833060

**SVTH 3:** Lý Gia Huệ 1833041

**TP. HỒ CHÍ MINH, Tháng 03/2021**

**Mục lục**

1. Giới thiệu
   1. Lý do
      * + - Công việc xếp Thời khóa biểu là công việc trung tâm và nặng nề nhất của các Phòng Đào tạo mỗi ở mỗi Nhà trường nói chung và Trường Bách Khoa nói riêng.
          - Mặc dù bài toán xếp Thời khóa biểu được rất nhiều nhà khoa học quan tâm, nhu cầu xếp Thời khóa biểu là rất lớn, tính tại thời điểm hiện tại số lượng các phần mềm hỗ trợ xếp Thời khóa biểu tại Việt Nam cũng như trên thế giới xuất hiện không nhiều. Hầu hết các trường đại học Việt Nam cũng như trên thế giới hiện giờ vẫn phải xếp Thời khóa biểu bằng tay.
          - Hiện tại Trường Bách Khoa đã có một chương trình xếp Thời khóa biểu, nhưng chương trình này đã không còn đáp ứng đủ các yêu cầu hiện tại của trường. Vì vậy cần phải có một chương trình mới thay thế.
   2. Mục tiêu
      * + - Chương trình mới phải giao tiếp được với hệ thống thông tin hiện có của Trường mà không phải yêu cầu xây dựng lại mới.
          - Giải quyết được các bài toán mà chương trình hiện tại không đáp ứng được.
          - Giảm lượng công việc phải làm của người xếp Thời khóa biểu xuống mức thấp nhất.
          - Khi chương trình đã chạy ổn định trong ngữ cảnh của Trường, có thể mô hình hóa bài toán lên mức tổng quát hơn để có thể giải quyết bài toán xếp Thời khóa biểu chung của các Trường Đại học ở Việt Nam
   3. Phạm vi nghiên cứu
      * + - Tìm hiểu về các yêu cầu cơ bản của bài toán xếp Thời khóa biểu.
          - Tìm hiểu về các yêu cầu, các vấn đề gặp phải trong quy trình xếp Thời khóa biểu của Phòng Đào tạo.
          - Tìm hiểu một số phần mềm xếp Thời khóa biểu hiện có.
          - Tìm hiểu về các thành phần và chức năng của công cụ Unitime
   4. Bài toán lập lích
      * + - Lập lịch có thể được định nghĩa là một bài toán tìm kiếm chuỗi tối ưu để thực hiện một tập các hoạt động chịu tác động của một tập các ràng buộc cần phải được thỏa mãn. Người lập lịch thường cố gắng thử đến mức tối đa sự sử dụng các tài nguyên và tối thiểu thời gian đòi hỏi để hoàn thành toàn bộ quá trình nhằm sắp xếp lịch. Vì thế bài toán lập lịch là một vấn đề rất khó để giải quyết
          - Các đặc tính của bài toán lập lịch:

Tài nguyên: đó là các nguồn dữ liệu đầu vào của bài toán. Các tài nguyên này có thể phục hồi hoặc không.

Tác vụ: được đánh giá qua các tiêu chuẩn thực hiện như thời gian thực hiện, chi phí, mức tiêu thụ nguồn tài nguyên.

Ràng buộc: đây là những điều kiện cần thỏa mãn để bài toán có thể đưa ra lời giải tốt nhất.

Mục tiêu: đánh giá độ tối ưu của lịch trình lời giải của bài toán. Khi các mục tiêu được thỏa mãn thì các ràng buộc cũng phải được thỏa mãn

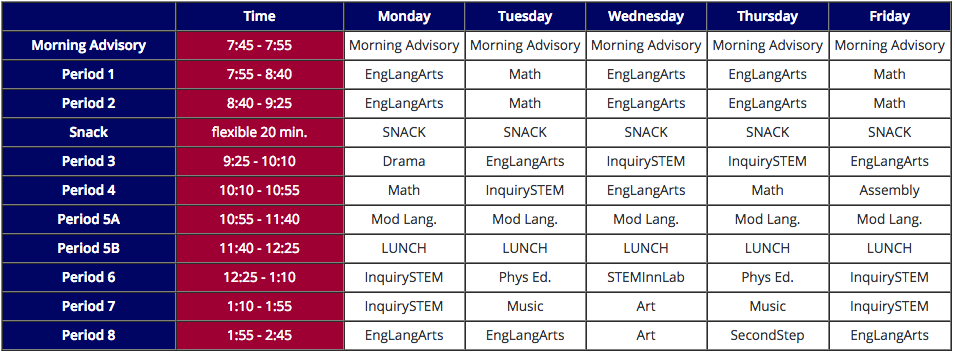
1. Cơ sở lý thuyết
   1. Các khái niệm cơ bản
      * + - Thời gian biểu (Timetable): là quỹ thời gian được kê khai để thực hiện các sự việc khác nhau trong ngày, tuần, tháng. Các đối tượng được lập thời gian biểu sẽ theo đúng quy định về thời gian mà thực hiện nhằm quản lý hiệu quả thời gian. Việc lập thời gian biểu sẽ giúp cho chúng ta những lợi ích tuyệt vời sau đây

Giải quyết công việc theo trình tự, đảm bảo tiến độ đúng với quy định và cho hiệu quả công việc cao.

Tất cả các công việc được giải quyết hoàn toàn, bạn sẽ không lo ứ đọng lượng việc cho ngày tiếp theo hay tuần tiếp theo

* + - * + Một số dạng thời gian biểu thường gặp:

Thời gian biểu của Trường học (School timetable): là bảng biểu để điều phối học sinh, giáo viên, phòng và các tài nguyên khác



Thời hạn (Time horizon): là một mốc thời gian cố định ở tương lai mà tại thời điểm đó các quá trình nhất định được đề cập tới sẽ được đánh giá hoặc giả định là kết thúc

Graphical user interface, table

Description automatically generated

Dòng thời gian (Timeline): thường là một biểu đồ có 1 thanh dài được gắn nhãn ngày, tháng, năm và các sự kiện sẽ được gắn nhãn ở những điểm mà chúng sẽ diễn ra. Nó được dùng để hiển thị các sự kiện trong một khoảng thời gian

Timeline

Description automatically generated

* 1. Các loại ràng buộc trong việc chuẩn bị Thời khóa biểu
     1. Ràng buộc cứng
        + - Ràng buộc cứng là những ràng buộc tuyệt đối không thể thương lượng được. Công cụ lập lịch sẽ phải tôn trọng các ràng buộc này, điều này có nghĩa là hoặc là lịch biểu đáp ứng được ràng buộc này hoặc là không có lịch biểu nào được lập ra. Đây là loại ràng buộc gây khó khăn nhất cho các công cụ lập lịch vì nó sẽ làm giảm khả năng tìm thấy một lịch biểu đáp ứng ràng buộc khi mà tài nguyên về ràng buộc này ngày càng ít đi
          - Mỗi ràng buộc cứng là một yếu tố của thời gian biểu có trọng số như nhau và phải được tuân thủ. Nói một cách đơn giản – nếu chúng bị hỏng thì thời gian biểu sẽ không hoạt động. Tùy vào cách vận hành khác nhau của mỗi Trường thì sẽ có những ràng buộc cứng khác nhau, nhưng một số rang buộc cứng thường thấy là:

Số lượng Phòng học: Ta có thể thấy rằng một lớp học sẽ chỉ được tổ chức ở một phòng học nào đó còn trống, và khi không còn phòng nào trống thì lớp này sẽ không thể diễn ra.

Khung thời gian giảng dạy / tuần: Ví dụ khung thời gian giảng dạy trong một tuần là từ Thứ 2 – Thứ 6 và từ 07h30 – 17h00, bộ lập lịch phải đảm bảo các môn học diễn ra đều phải nằm trong khung thời gian này.

Số tuần / học kỳ: Bộ lập lịch phải đảm bảo không có hoạt động nào diễn ra bên ngoài các tuần giảng dạy mà tổ chức đào tạo đã lên kế hoạch trước đó.

Đụng độ Sinh viên: Đây có thể coi là sự kết hợp của cả ràng buộc cứng và mềm, tuy nhiên nếu một học sinh phải tham gia hai khóa học diễn ra trùng thời gian với nhau thì bộ lập lịch phải nhận ra rằng chúng không được phép xảy ra cùng một lúc – tức đây là một ràng buộc cứng.

Đụng độ Giảng viên: Cũng giống như Sinh viên, Giảng viên không thể cùng dạy ở hai nơi cùng lúc, bộ lập lịch phải tôn trọng điều này

Sức chứa Phòng học: Nếu một phòng có sửa chứa 100 chỗ ngồi thì chỉ có thể xếp các lớp có số lượng Sinh viên <= 100 vào phòng này, do đó đây thường được xem là một hạn chế khó khăn. Tuy nhiên có thể linh hoạt điều này hơn nếu chúng ta dự đoán được chính xác một tỷ lệ phần trăm nhất định số Sinh viên sẽ không có mặt và do đó ta sẵn sàng cho phép bộ lập lịch kiểm tra ràng buộc này với một biên độ (ví dụ biên độ là 5%, ta cho phép bộ lập lịch có thể xếp lớp có 105 Sinh viên vào phòng này)

Khoảng cách địa lý: Quan tâm đến thời gian di chuyển của Sinh viên / Giảng viên khi họ di chuyển giữa các lớp học.

* + 1. Ràng buộc mềm
       - * Ràng buộc mềm là những ràng buộc có thể thương lượng được trong quá trình lập lịch. Công cụ lập lịch vẫn sẽ tôn trọng các ràng buộc này nhưng sẽ có trường hợp ngoại lệ khi nó không tìm được giải pháp để thỏa ràng buộc này. Khi ta chỉ định một ràng buộc mềm cho bộ lập lịch điều này có nghĩa rằng nó sẽ cố gắng đáp ứng ràng buộc này tốt nhất có thể chứ không bắt buộc hoàn toàn nhằm cho ta một lịch biểu tối ưu nhất.
         * Như đã biết những ràng buộc mềm có thể được bộ lập lịch bỏ qua, thì ta vẫn có một lịch biểu hoạt động nhưng không phải là một lịch biểu khiến ta hài lòng. Ta không thể yêu cầu các ràng buộc này đều đáp ứng đủ ngay cả khi còn trống tài nguyên về không gian, thời gian. Do đó những ràng buộc mềm thường sẽ được xếp hạng theo mức độ ưu tiên của chúng và bộ lập lịch sẽ xét theo độ ưu tiên này.
         * Bằng cách xếp hạng các ràng buộc mềm, ta đang cho bộ lập lịch biết mức độ quan trọng của từng ràng buộc mềm này so với nhau. Khi làm như vậy, bộ lập lịch sẽ cố gắng tuân theo tất cả các ràng buộc cứng và mềm khi tạo thời gian biểu, nhưng nếu không thể hoàn thành tất cả chúng, nó sẽ cố gắng đáp ứng càng nhiều các ràng buộc mềm được xếp hạng càng cao càng tốt.
         * Một số ràng buộc mềm:

Thời gian ưu tiên / tuần: Hạn chế xếp lịch vào những ngày hoặc thời gian cụ thể trong tuần

Phân vùng Phòng học: Các Khoa/Phòng ban có mong muốn các khóa học do họ phụ trách sẽ được xếp ở trong phạm vi các phòng mà họ chỉ định

Nhu cầu Sinh viên:

Sinh viên mong muốn có 1 giờ nghỉ trưa trong khoảng từ 12h00-14h00 [Rank 7]

Sinh viên mong muốn học tối đa 6 giờ trong một ngày [Rank 8]

Sinh viên mong muốn không phải học quá 4 giờ liên tục [Rank 4]

Nhu cầu Giảng viên:

Giảng viên không muốn dạy quá 3 giờ liên tục [Rank 5]

Giảng viên mong muốn số ngày lên lớp tối đa trong một tuần là 4 ngày [Rank 6].

1. Các nghiên cứu liên quan
   1. Bài toán xếp Thời khóa biểu
      1. Bản chất công việc xếp Thời khóa biểu
         * + Thông thường việc lập Thời khóa biểu của các Trường học được diễn ra ở đầu học kỳ. Người lập lịch cần phải xem xét một lượng lớn các thông tin như các khóa học, lớp học, giảng viên, số lượng buổi lên lớp cho mỗi khóa học ở mỗi tuần, … Để đảm bảo hai mục tiêu chính yếu cần phải được đáp ứng:

Tạo một thời gian biểu ít xung đột nhất để sinh viên có thể chọn bất kỳ khóa học nào họ quan tâm và tham gia các khóa học mà không có bất kỳ xung đột nào trong thời gian biểu của họ

Tạo một thời gian biểu cần xem xét tính khả dụng nguồn giảng viên của Khoa, để sắp xếp các lớp học sử dụng hiệu quả thời gian của giảng viên mà không cần lên kế hoạch cho các lớp bổ sung.

Liên kết chính xác các lớp ghép, tách

Bảo đảm tiến độ môn học hợp lý

* + - * + Để đáp ứng các yếu tố trên cần có dữ liệu thể hiện các biến số dưới đây:

Học viên

Giảng viên

Phòng

Các khóa học được mở

Sức chứa của lớp học

Thời gian phân bổ cho môn học hay tiết học

Các ngày nghỉ lễ

Các ràng buộc đặc biệt khác

* + - * + Thời khóa biểu cấp Trung học và thời khóa biểu cấp Đại học thường được tạo theo chu kỳ hàng tuần hoặc hai tuần một lần. Sau khi thời khóa biểu hàng tuần được tạo ra, nó có thể được lặp lại theo mô hình lặp đi lặp lại trong suốt một học kỳ hoặc một năm học.
    1. Phân loại mô hình xếp Thời khóa biểu
       1. Phân loại theo khuôn dạng Thời khóa biểu
          - Mô hình Thời khóa biểu 1 tuần: các tiết học phân bổ như nhau cho tất cả các tuần của học kỳ hoặc năm học. Đây là mô hình chuẩn của Thời khóa biểu, tuy nhiên ít trường dùng mô hình này.
          - Mô hình Thời khóa biểu học kỳ: các tiết học phân bổ cho từng ngày trong suốt học kỳ. Các trường quân sự thường áp dụng mô hình này.
          - Mô hình Thời khóa biểu 2 tuần: phân biệt TKB của tuần chẵn và tuần lẻ trong học kỳ.
          - Mô hình Thời khóa biểu từng tuần trong một học kỳ: mỗi học kỳ TKB được xếp nhiều lần, mỗi lần là một TKB tuần. Một số trường có mô hình đào tạo phức tạp, cần đi thực tế hoặc thực hành nhiều sẽ áp dụng mô hình này.
       2. Phân loại theo lớp niên chế hoặc tín chỉ
          - Lớp niên chế (Normal Class): Lớp học được xác định cố định trong suốt thời gian TKB có hiệu lực. Môn học sẽ được gán cho các lớp này.
          - Lớp tín chỉ (Credit Class): Lớp học được xác định theo chương trình giảng dạy của giáo viên. Học sinh tự đăng ký theo học các lớp này.
          - So sánh sự khác nhau giữa lớp niên chế và tín chỉ

|  |  |
| --- | --- |
| **Lớp niên chế** | **Lớp tín chỉ** |
| - Cần phân lớp cho mỗi đầu năm học  - Phân công giảng dạy cho lớp học dễ dàng - Xếp Thời khóa biểu rất phức tạp  - Quản lý học sinh dễ dàng  - Tổ chức lớp ghép, tách rất phức tạp  - Yêu cầu về hội trường lớn và phức tạp | - Không cần phân lớp, học sinh tự đăng ký học  - Phân bổ lớp tín chỉ khá phức tạp  - Xếp Thời khóa biểu dễ dàng  - Quản lý học sinh rất khó và phức tạp  - Không cần ghép hay tách lớp  - Yêu cầu hội trường đơn giản |
|  |  |

* + - * + Ở Việt Nam hiện nay, các trường Đại học đang dần chuyển sang hình thức đào tạo tín chỉ. Mặc dầu hình thức đào tạo này có nhiều ưu điểm hơn so với đào tạo niên chế tuy nhiên việc xếp thời khóa biểu vẫn là một gánh nặng thực sự cho các trường, đặc biệt là các trường có quy mô đào tạo lớn.
      1. Phân loại theo các tiêu chí xếp loại khác
         * Xếp loại theo cách nhà trường xếp Thời khóa biểu: theo 1 hoặc nhiều giai đoạn.
         * Xếp loại theo cách nhà trường quản lý các đối tượng thông tin chính của Thời khóa biểu, ví dụ môn học được giao về cho Khoa hay Bộ môn.
         * Xếp loại theo cách thể hiện thông tin trên Thời khóa biểu.
    1. Phân loại dạng Thời khóa biểu ở các Trường Đại học Việt Nam
       - * (WEEKLY): Mô hình TKB 1 tuần: các tiết học phân bổ như nhau cho tất cả các tuần của học kỳ hoặc năm học. Đây là mô hình chuẩn của Thời khóa biểu, tuy nhiên ít trường dùng mô hình này.
         * (KEYWEEK): Mô hình TKB tuần được chia thành các giai đoạn. Mỗi lớp học có một giai đoạn riêng của mình. Đa số các trường Đại học Việt Nam dùng mô hình này
         * (ALL WEEK): Mô hình TKB từng tuần trong một học kỳ. Một số nhà trường Cao đẳng và Trung học chuyên nghiệp dùng mô hình này.
         * (DAILY): Mô hình TKB theo ngày trong suốt một học kỳ. Nhiều trường quân sự của Việt Nam đang sử dụng mô hình này.
    2. Quy trình xếp Thời khóa biểu thủ công
       - * Có 2 kiểu xếp Thời khóa biểu

Xếp Thời khóa biểu 1 lần: Phòng đào tạo thực hiện toàn bộ công việc xếp Thời khóa biểu.

Xếp Thời khóa biểu nhiều bước:

Phòng đào tạo chuẩn bị kế hoạch chi tiết, xếp sơ bộ tại các Khoa/Bộ môn và hoàn thiện tại Phòng đào tạo.

Xếp sơ bộ tại Phòng đào tạo, xếp chi tiết tại Khoa/Bộ môn và kiểm tra lại tại Phòng đào tạo.

* + - * + Quy trình xếp Thời khóa biểu thủ công

Diagram

Description automatically generated

* + 1. Các đặc thù mô hình Thời khóa biểu tại Việt Nam
       - * Hệ thống thông tin bắt nguồn từ Chương trình đào tạo KHUNG và CHI TIẾT.
         * Mô hình Thời khóa biểu theo buổi học: Sáng-Chiều-Tối, các tiết học được đánh số từ 1 theo từng buổi học.
         * Mỗi buổi học không quá 6 tiết, việc xếp tiết được tiến hành theo đơn vị là 2 hoặc 3 tiết liên tục.
         * Phần lớn các nhà trường Việt Nam có mô hình TKB theo lớp niên chế.
         * Sự phức tạp của tính chất môn học tạo nên những khó khăn chính của công việc xếp Thời khóa biểu.
         * Hoàn toàn không có khuôn mẫu thống nhất, mỗi trường có một mô hình Thời khóa biểu riêng.
    2. Mô hình tổng quát Chương trình đào tạo
       - * Chương trình Đào tạo là lõi thông tin đào tạo của các Phòng Đào tạo các nhà trường Đại học & Cao đẳng, là thông tin gốc từ điển của mô hình bài toán Thời khóa biểu.
         * Chương trình khung:

Graphical user interface, diagram

Description automatically generated

* + - * + (Mẫu) chương trình đào tạo tương đối ổn định, ít thay đổi theo thời gian.
        + Một chương trình có thể áp dụng cho nhiều lớp theo nhiều thời gian khác nhau.
        + Cho phép tính toán nhanh chóng và hoàn toàn tự động các bảng PCGD cho các lớp (niên chế) trong nhà trường.
        + Mô hình chương trình và quản lý chương trình đào tạo tại các trường ĐH, CĐ của Việt Nam rất khác nhau.
        + Mô hình lý tưởng: CTĐT bao gồm phân bổ toàn bộ chương trinh học hoàn chỉnh trong cả thời gian học tập.
        + Mô hình thực tế: CTĐT được hiểu là một phần hay một giai đoạn, hay một nhóm môn học của một chương trình đào tạo hoàn chỉnh.
    1. Độ phức tạp của việc lập Thời khóa biểu
       - * Bài toán xếp thời khóa biểu thuộc lớp các bài toán NP-đầy đủ vì vậy có thể không tìm ra được lời giải tối ưu. Đây là một bài toán không mới và đã có nhiều giải thuật được đưa ra để giải quyết như giải thuật nhánh cận, giải thuật leo đồi, giải thuật luyện thép, giải thuật tô màu đồ thị, giải thuật xấp xỉ,… Có rất nhiều các ràng buộc được đặt ra trong bài toán này như ràng buộc về đối tượng tham gia (giảng viên, lớp học, sinh viên), ràng buộc về tài nguyên phục vụ giảng dạy (phòng học lý thuyết, phòng thực hành,…), ràng buộc về thời gian (số tiết học, số lần học, số tiết mỗi lần), ràng buộc về chuyên môn và rất nhiều các ràng buộc khác tùy thuộc vào từng trường. Vấn đề đặt ra là cần xây dựng một thời khóa biểu thỏa mãn tất cả các ràng buộc trên đồng thời khai thác hiệu quả các nguồn tài nguyên phục vụ giảng dạy.
         * Việc lập lịch biểu ở các trường Trung học và Tiểu học thường rất đơn giản vì các các yêu cầu có cấu trúc đơn giản. Việc lập lịch biểu ở các Trường Đại học thì phức tạp hơn rất nhiều, vì có rất nhiều các biến số, hàm mục tiêu cần được xem xét để giảm sự xung đột, giảm chi phí hoạt động trong quá trình lập lịch
         * Ở các Trường Tiểu học, Trung học và Trung học phổ thông; Học sinh không được lựa chọn một học nào, điều này làm cho việc xếp Thời khóa biểu dễ dàng hơn rất nhiều, các học sinh trong cùng lớp học có lịch học là như nhau và trong một khối có tiến độ là như nhau. Học sinh ngồi tại lớp học của mình và Giáo viên thì sẽ luân phiên đổi lớp khi tới tiết dạy của môn mà mình phụ trách. Các yếu tố cần quan tâm:

Lớp học: Gồm các học sinh học có cùng một thời khóa biểu và được quản lý trực tiếp bởi 1 giáo viên chủ nhiệm (VD: Lớp 8A)

Khối lớp học: Là khái niệm dùng để gom nhóm các lớp học có cùng một chương trình giảng dạy (VD: Khối lớp 8)

* + - * + Các ràng buộc cần quan tâm ở các Trường Đại học:

Dữ liệu các môn học được đăng ký bởi Sinh viên

Các Khoa có trong Trường

Phòng học (các vị trí trong khuôn viên của Trường đều cần được xem xét, ví dụ sân bóng dành cho các hoạt động ngoài trời)

Các khóa học được mở trong một học kỳ

Các ràng buộc về lớp học (lớp học đó cần phòng có bao nhiêu chỗ ngồi ? Phòng có những tính năng gì ?)

Thời gian phân bổ cho các môn học hay cho các tiết học là bao nhiêu

Các ngày nghỉ lễ

Các ràng buộc đặc biệt khác (đáp ứng các nhu cầu của Giảng viên về thời gian rảnh, sở thích dạy môn nào của họ, …)

* + 1. Các khó khăn chính của bài toán xếp Thời khóa biểu ở các Trường Đại học Việt Nam
       - * Mô hình các môn học không thống nhất, đa dạng và có quá nhiều đặc thù phụ thuộc vào từng ngành nghề và từng nhà trường.
         * Mô hình lớp học (niên chế) rất đa dạng, các kiểu học ghép, tách phụ thuộc chặt chẽ vào giáo viên, môn học và phòng học.
         * Chương trình đào tạo không thống nhất cùng với tính chất đa dạng, phức tạp của môn học gây rất nhiều khó khăn cho việc xếp Thời khóa biểu.
         * Khuôn dạng Thời khóa biểu không thống nhất.
         * Yêu cầu giáo viên đa dạng và mâu thuẫn
  1. Bài toán xếp Thời khóa biểu ở Bách Khoa
  2. Một số giải thuật xếp Thời khóa biểu
     1. Kỹ thuật tìm kiếm cục bộ (Local Search)
        + - Tìm kiếm cục bộ (local search) là một kỹ thuật tổng quan dùng để tìm kiếm và tối ưu hóa lời giải của một bài toán. Tìm kiếm cục bộ không đảm bảo là sẽ tìm được kết quả tối ưu nhất vì thực sự khái niệm “tối ưu nhất” chỉ mang tính tương đối; tuy nhiên kỹ thuật này hoạt động dựa trên phương thức ngẫu nhiên, không có hệ thống trong không gian các lời giải cho đến khi nào điều kiện dừng của bài toán được thỏa mãn
          - Tìm kiếm cục bộ có thể sử dụng trong các bài toán mà có thể được tính bằng cách tìm một giải pháp tối đa hóa một tiêu chí nào đó trong số các giải pháp được đưa ra. Giải thuật tìm kiếm cục bộ chuyển từ giải pháp này đến giải pháp khác trong không gian các giải pháp được đưa ra (không gian tìm kiếm) bằng cách áp dụng những thay đổi cục bộ cho đến khi một giải pháp được coi là tối ưu được tìm thấy hoặc thời gian giới hạn trôi qua.
     2. Giải thuật tô màu đồ thị (Graph Coloring)
        + - Tô màu (đỉnh) đồ thị là việc thực hiện gán màu cho mỗi đỉnh của đồ thị, sao cho hai đỉnh kề nhau không cùng một màu, và số màu được sử dụng là ít nhất. Số màu ít nhất có thể sử dụng để tô màu đồ thị được gọi là sắc số của đồ thị đó.
          - Bài toán xếp lịch thi được mô hình hóa thành bài toán tô màu đồ thị như sau: lập đồ thị có các đỉnh là các môn thi, hai môn thi kề nhau nếu có một sinh viên thi cả hai môn này. Thời điểm thi của mỗi môn được biểu thị bằng các màu khác nhau.
          - Mô tả thuật toán – mã giả (Input: đồ thị G = (V, E).Output: đồ thị G = (V, E) có các đỉnh đã được gán màu)

(B1) Lập danh sách các đỉnh của đồ thị E’:=[v1,v2,...,vn] được sắp xếp theo thứ tự bậc giảm dần: d(v1) ≥ d(v2) ≥ ... ≥ d(vn)

Đặt i := 1

(B2) Tô màu i cho đỉnh đầu tiên trong danh sách. Duyệt lần lượt các đỉnh tiếp theo và tô màu i cho đỉnh không kề đỉnh đã được tô màu i.

(B3) Nếu tất cả các đỉnh đã được tô màu thì kết thúc, đồ thị được tô bằng i màu. Ngược lại, sang bước 4

(B4) Loại khỏi E’ các đỉnh đã tô màu. Sắp xếp lại các đỉnh trong E’ theo thứ tự bậc giảm dần. Đặt i := i + 1 và quay lại bước 2

* + 1. Giải thuật leo đồi (Hill Climbing Algorithm)
       - * Trong khoa học máy tính, giải thuật leo đồi (Hill Climbing) là một kỹ thuật tối ưu toán học (mathematical optimization) thuộc họ tìm kiếm cục bộ (local search). Nó thực hiện tìm một trạng thái tốt hơn trạng thái hiện tại để mở rộng. Để biết trạng thái tiếp theo nào là lớn hơn, nó dùng một hàm H để xác định trạng thái nào là tốt nhất.
         * Hill Climbing dễ dàng tìm thấy một giải pháp tốt cục bộ (local optimum) nhưng khó tìm thấy giải pháp tốt nhất (global optinum) trong tất cả các giải pháp được đưa ra (search space). Hill Climbing phù hợp để giải các bài toán “convex” như là tìm kiếm đơn giản (simplex programming) trong lập trình tuyến tính, tìm kiếm nhị phân.
         * Tính đơn dơn giản của giải thuật khiến nó trở thành lựa chọn đầu tiên trong số các giải thuật tối ưu. Nó được sử dụng rất nhiều trong trí tuệ nhân tạo, dùng cho mục đích đi đến trạng thái đích từ một node bắt đầu. Việc chọn node tiếp theo và node bắt đầu có thể thay đổi nhiều giải thuật khác nhau.
         * Mô tả thuật toán – mã giả:

B1: Xét trạng thái đầu: Nếu là đích => dừng. Ngược lại, thiết lập trạng thái bắt đầu = trạng thái hiện tại.

B2: Lựa một luật để áp dụng vào trạng thái hiện tại để sinh ra một trạng thái mới.

B3: Xem xét trạng thái mới này: Nếu là đích => dừng. Nếu không phải là đích nhưng tốt hơn trạng thái hiện tại thì thiết lập trạng thái hiệu t là trạng thái mới. Nếu không tốt hơn thì đến trạng thái mới tiếp theo. Lặp đến khi: gặp đích hoặt không còn luật nào nữa chưa được áp dụng vào trạng thái hiện tại.

* + - * + Vấn đề lớn nhất mà giải thuật Hill Climbing gặp phải là nó dễ rơi vào vùng tối ưu cục bộ, đó là lúc chúng ta leo lên một đỉnh mà chúng ta không thể tìm láng giềng nào tốt hơn được nữa nhưng đỉnh này lại không phải là đỉnh cao nhất. Để giải quyết vấn đề này, khi leo đến một đỉnh tổi ưu cục bộ, để tìrn được lời giải tốt hơn nữa ta có thể lặp lại thuật toán leo đổi vớí nhiều điểm xuất phát khác nhau được chọn ngẫu nhiên và lưu lại kết quả tốt nhất ở mỗi lần lặp. Nếu số lần lặp đủ lớn thì ta có thể tìm được đỉnh tối ưu toàn cục, tuy nhiên Tới những bài toán có không gian tìm kiểm khổng lổ (chẳng bạn như bài toán xếp lịch) ta không thể đưa ra số lần lặp đủ lớn để đảm báo tìm được lời giải tổi ưu. Cho nên đây là phương pháp giải quyết không mang lại nhiều hiệu quả trong trường hợp này.
        + Như vậy hiệu quả của bài toán phụ thuộc rất nhiều vào “bề mặt” của không gian tìm kiếm. Nếu bài toán chỉ có và đỉnh tối ưu cục bộ thì giải thuật sẽ tìm ra lời giải rất nhanh. Tuy nhiên, trong trường hợp không gian tìm kiếm quá lồi lõm, giải thuật sẽ bị luẩn quẩn trong vùng tối ưu cục bộ và có thể không tìm ra lời giải tối ưu của bài toán.
        + Một số vấn đề của giải thuật:

Chóp nhọn (Ridges and Alleys):

Ridges là một vấn đề thách thức cho các “nhà leo núi” để tối ưu hóa trong không gian liên tục. Bởi vì Hill Climbing chỉ điều chỉnh một phần tử trong vector tại một thời điểm, mỗi bước sẽ di chuyển theo hướng trục liên kết. Nếu hàm mục tiêu tạo ra một sườn núi hẹp mà leo lên theo một hướng thì các nhà leo núi chỉ có thể đi lên theo sườn núi (hoặc xuống hẻm) bằng zig-zagging.

Nếu các bên của sườn núi (hoặc hẻm) là rất dốc, các nhà leo núi đồi có thể bị buộc phải thực hiện các bước rất nhỏ vì nó đoạn zích zắc hướng tới một vị trí tốt hơn. Như vậy, có thể mất một thời gian không hợp lý của thời gian cho nó để đi lên sườn núi (hoặc xuống hẻm).

Cao nguyên (Plat Một vấn đề khác mà đôi khi xảy ra với leo đồi là của một cao nguyên. Một cao nguyên hiểu là không gian tìm kiếm là bằng phẳng, hoặc đủ phẳng mà giá trị trả về của hàm mục tiêu là không thể phân biệt giá trị trả lại cho các khu vực lân cận do sự chính xác được sử dụng bởi các máy tính để đại diện cho giá trị của nó. Trong trường hợp như vậy, các nhà leo núi có thể không có khả năng xác định, trong đó hướng nó nên bước, và có thể đi lang thang trong một hướng mà không bao giờ dẫn đến cải thiện.

* + - * + Nhận xét giải thuật:

Ưu điểm: Nhanh, đơn giản, hiệu quả trong không gian tìm kiếm nhỏ, ít lồi lõm.

Khuyết điểm: Khó tìm thấy trạng thái đích nếu như không gian tìm kiếm lớn, có nhiều điểm tối ưu cục bộ.

* + 1. Giải thuật mô phỏng luyện kim (Simulated Annealing Algorithm)
       - * Tiền thân của SA là thuật toán Monte Carlo năm 1953 của nhóm Metropolis. Thuật toán SA được đề xuất bởi S. Kirk\_partrick năm 1982 và được công bố trước công chúng năm 1983. Nhóm German đã chứng minh đầu tiên một điều kiện cần và đủ cho sự hội tụ thuật toán tới tối ưu toàn cục năm 1984. Năm 1982 Cerny đã phát triển việc thực thi một giải thuật mô phỏng dựa trên nhiệt động lực học mà sau này cũng được gọi là SA. Tuy nhiên, ông không công bố việc này cho đến năm 1984, hai năm sau Kirl\_partich, nên nghiên cứu của ông không được đề cập rộng rãi. SA còn được đưa ra bởi C.D.Gelatt và M.P.Vechi năm 1983.
         * SA có nguồn gốc từ cơ học hệ thống, SA thực thi đơn giản và tương tự quá trình luyện kim vật lý trong tự nhiên. Trong luyện kim vật lý người ta nung kim loại tới một nhiệt độ rất cao và làm lạnh từ từ để nó kết tinh ở cấu hình năng lượng thấp nhằm tăng kích thước của tinh thể và giảm những khuyết điểm của chúng. Nếu việc làm lạnh không diễn ra từ từ thì chất rắn không đạt được trạng thái có cấu hình năng lượng thấp và sẽ đông lạnh đến một trạng thái không ổn định (cấu trúc tối ưu địa phương).
         * SA là một thuật toán tìm kiếm xác suất di truyền, là phương pháp tối ưu hóa, được áp dụng để tìm tối ưu hóa toàn cục của hàm chi phí và tránh tối ưu hóa địa phương bằng việc chấp nhận cả 2 di truyền uphill và downhill (chấp nhận một lời giải tồi hơn) với xác suất phụ thuộc vào nhiệt độ T
         * Gọi E là năng lượng của trạng thái s, E’ là trạng thái năng lượng của trạng thái s’ và ∆E = E’ – E là sự chệnh lệch nhiệt độ giữa trạng thái s’ và trạng thái s. Nếu ∆E ≤ 0 thì sự thay đổi kết quả được chấp nhận với xác suất trong đó T là nhiệt độ, kB là một hằng số vật lý được gọi là hằng số Boltzmann.
         * SA sử dụng một biến điều khiển toàn cục là biến nhiệt độ T. Ban đầu T ở giá trị rất cao và sau đó được giảm dần xuống. Trong quá trình tìm kiếm SA thay lời giải hiện thời bằng cách chọn ngẫu nhiên lời giải láng giềng với một xác suất phụ thuộc vào sự chênh lệch giữa giá trị hàm mục tiêu và tham số điều khiển T.
         * Quá trình tối ưu hoá được tiếp tục cho tới khi cực tiểu toàn cục được tìm thấy hoặc tổng số bước chuyển vượt quá một số tối đa các bước chuyển đã được định trước. Sự chuyển tiếp ở một nhiệt độ kết thúc khi đạt tới trạng thái cân bằng nhiệt. Sau khi đạt tới trạng thái cân bằng nhiệt thì nhiệt độ được giảm thấp hơn. Nếu hệ thống không đông lạnh và cũng không tìm được cực tiểu toàn cục thì vòng lặp vẫn tiếp tục và chỉ số k tăng. Hệ thống đông lạnh khi T tiến tới nhiệt độ Tcuối do người dùng đưa ra.
         * Mô tả thuật toán – mã giả:

s ← s0; e ← E(s) // Initial state, energy.

sbest ← s; ebest ← e // Initial "best" solution

k ← 0 // Energy evaluation count.

while k < kmax and e > emax // While time left & not good enough:

T ← temperature(k/kmax) // Temperature calculation.

snew ← neighbour(s) // Pick some neighbour.

enew ← E(snew) // Compute its energy.

if P(e, enew, T) > random() then // Should we move to it?

s ← snew; e ← enew // Yes, change state.

if e < ebest then // Is this a new best?

sbest ← snew; ebest ← enew // Save 'new neighbour' to 'best found'

k ← k + 1 // One more evaluation done

return sbest // Return the best solution found.

* + 1. Giải thuật di truyền
       - * Trong những năm gần đây, phương pháp tiếp cận di truyền đã thu hút rất nhiều sự chú ý trong các lĩnh vực nghiên cứu khác nhau trong đó có khoa học máy tính. Phương pháp này có nhiều đặc điểm nổi trội như không đòi hỏi tri thức, tránh tối ưu cục bộ, thực hiện tốt với các bài toán có không gian lời giải lớn và có thể áp dụng cho nhiều loại bài toán tối ưu khác nhau. Trên thế giới hiện nay, giải thuật di truyền kết hợp với tin học được ứng dụng để giải quyết những bài toán tối ưu một cách rất hiệu quả.
  1. Một số phần mềm xếp Thời khóa biểu

1. Công cụ Unitime