

# Đồ án cuối kỳ môn Tối ưu hoá và ứng dụng Trình bày lại Đề tài Giảm thiểu những xung đột trong việc sắp xếp lịch học sử dụng quy hoạch tuyến tính

1<sup>st</sup> Dương Văn Bình  
18520505@gm.uit.edu.vn

2<sup>nd</sup> Trần Quang Linh  
18520997@gm.uit.edu.vn

3<sup>rd</sup> Hà Như Chiến  
18520527@gm.uit.edu.vn

## I. GIỚI THIỆU

Vấn đề ra trường trễ hạn của sinh viên là một vấn đề nan giải trên thế giới. Việc sắp xếp lịch học có những xung đột giữa các lớp dẫn đến sinh viên không thể tham dự được số lớp cần thiết là một trong những nguyên nhân chính dẫn đến việc ra trường trễ hạn. Vì vậy, dựa vào các nguyên cứu trước mà nhóm tác giả bài báo đã giới thiệu một phương pháp để giải quyết tình huống xung đột này.

## II. VẤN ĐỀ CẦN GIẢI QUYẾT

Có nhiều xung đột diễn ra giữa các lớp (Ví dụ như 2 lớp diễn ra cùng thời điểm hoặc lớp A chưa kết thúc mà lớp B đã bắt đầu). Điều đó đã cản trở sinh viên tham dự các lớp vào đúng kỳ học họ cần để ra trường và dẫn đến ra trường trễ hạn. Việc giải quyết sự xung đột giữa các lớp học là một cách giúp tiết kiệm đáng kể thời gian, tiền bạc cũng như công sức của sinh viên.

## III. MỤC TIÊU

Mục tiêu của nguyên cứu này là giới thiệu một mô hình sắp xếp lịch học. Mô hình này có thể tối đa cơ hội giáo dục cho sinh viên (sinh viên có thể tham dự đủ số lớp họ cần mỗi kỳ mà không có bất kỳ xung đột nào). Mô hình này sẽ giảm thiểu chi phí đào tạo cũng như thời gian học tại trường cho sinh viên.

## IV. MỤC ĐÍCH

Các hàm quy hoạch tuyến tính và mô hình trực quan được sử dụng để giải quyết bài toán (giảm thiểu các xung đột giữa các lớp học và cung cấp cho sinh viên số lớp học nhiều nhất có thể trong một kỳ). Việc giảm thiểu tối đa các xung đột giữa các lớp sẽ cho sinh viên cơ hội sắp xếp lịch học của họ phù hợp với yêu cầu tốt nghiệp và ra trường đúng hạn. Với các ràng buộc như số lượng phòng học, số lượng giảng viên và thời gian yêu thích của các giảng viên, hệ thống sẽ đưa ra một bản lịch học nháp và từ đó giải quyết, tối thiểu các xung đột.

## V. PHẠM VI NGHIÊN CỨU

Phạm vi nguyên cứu của bài báo này là phân tích các lịch học cho cả sinh viên đại học và sinh viên sau đại học thuộc Khoa Kỹ thuật Xây Dựng (CEE) ở đại học Hawaii tại Manoa. Tám kỳ được chọn để phân tích (Truong 2011 đã phân tích cho bài toán tương tự trên 6 kì). Bài báo này là một phần mở rộng của bài báo của Truong. Phần mềm LINGO được sử dụng cho phân tích và tính toán.

## VI. CÁC CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Tại Worcester Polytechnic Institute, một mô hình quy hoạch tuyến tính được xây dựng để xếp lịch học dựa trên sức chứa và công dụng của phòng học. Ví dụ như lớp học âm nhạc được xếp vào phòng học có hỗ trợ thiết bị âm thanh. Điểm trừ của mô hình này là không quan tâm về sự xung đột giữa các lớp hay lịch của các giảng viên.

Chin-Min University in Taiwan và University of Patras in Greece. Các ràng buộc ở 2 mô hình xếp lịch ở 2 đại học này có quan tâm đến sự xung đột giữa các lớp và thời gian yêu thích của các giảng viên.

Tại Kuwait University, 1 mô hình qui hoạch tuyến tính gồm 2 phần được tạo ra để xếp lịch cho hơn 50.000 sinh viên. Ở phần 1, các lớp được xếp theo các ràng buộc như phòng học và phòng thí nghiệm có sẵn, bãi đỗ xe và thời gian tham gia giao thông. Phần 2 là xếp các giảng viên vào các lớp. Đại học này có chính sách xếp giáo viên theo giới tính (giảng viên nữ dạy các lớp toàn nữ và ngược lại). Một vài ràng buộc được thêm vào như thời gian yêu thích của giảng viên, đảm bảo lớp học và thực hành diễn ra khác thời gian. Đại học này đã rất thành công trong cân nhắc cả các sự giới hạn của sinh viên (bãi đỗ xe, thời gian tham gia giao thông) tới các yêu cầu của giảng viên (thời gian yêu thích).

Truong tại University of Hawaii at Manoa làm bài toán xếp lịch học dùng quy hoạch tuyến tính. Anh ấy sử dụng các giả định phù hợp với sinh viên chuyên ngành kỹ thuật xây dựng ở Mỹ. Nguyên cứu này ứng dụng và mở rộng phương pháp mà anh ấy sử dụng và mở rộng dữ liệu bởi thêm vào 2 kì học.

## VII. CÁC GIẢ ĐỊNH TRONG MÔ HÌNH TUYỂN TÍNH

Các giả định được đặt ra từ dữ liệu được cung cấp, các giả định này sẽ là tiền đề cho việc lựa chọn công thức và ràng buộc cho mô hình tuyển tính.

## VIII. PHÂN CHIA LỚP HỌC THEO CÁC THỨ TRONG TUẦN

Các lớp học sẽ được dạy vào 2 loại ngày là Thứ hai-Thứ tư-Thứ sáu (MWF) hoặc Thứ ba-Thứ năm (TR). Việc phân chia ra hai loại ngày không chỉ để giảm phạm vi của các biến đầu vào mà còn là để tôn trọng sự ưu thích của các giảng viên. Mô hình quy hoạch tuyển tính sẽ được chia ra thành các lớp MWF và TR, sau đó sẽ được chạy độc lập với nhau để đơn giản hoá chương trình và đặt trọng tâm giải quyết các xung đột trên tiết học. Các lớp trong chương trình MWF được đặt tên biến là  $x$  hoặc  $y$ , còn những lớp TR sẽ là  $z$  hoặc  $a$ .

## IX. PHÒNG HỌC

Chỉ có 4 phòng học tối đa được cung cấp cho các lớp CEE trong một kỳ cho các tiết học trong ngày.

## X. TIẾT HỌC BUỔI SÁNG VÀ TIẾT HỌC BUỔI CHIỀU

Các lớp học được chia thành 2 loại là lớp học buổi sáng và lớp học buổi chiều theo mốc 12 giờ trưa. Giả định này có mục đích để phục vụ cho các yêu cầu của giảng viên về thời gian dạy yêu thích của họ. Nếu giảng viên thích dạy buổi sáng thì các lớp buổi chiều của giảng viên đó sẽ được nhân thêm 1000 để hạn chế việc lớp học buổi chiều được chọn.

## XI. PHÁT TRIỂN CHƯƠNG TRÌNH TUYỂN TÍNH

Trong nghiên cứu này, tất cả các giải thuật quy hoạch tuyển tính đều được tính toán trên phần mềm LINGO. Một mô hình quy hoạch tuyển tính cần có một hàm mục tiêu và giá trị đầu vào dựa trên các yêu cầu của hệ thống. Các ràng buộc được tạo ra nhằm đưa ra các giới hạn cụ thể cho từng tình huống thực tế. Cũng cần có sự hiểu rõ đầu ra của bài toán để áp dụng hiệu quả nó cho hệ thống. Tất cả các thành phần của mô hình quy hoạch tuyển tính và những điều liên quan cho bài toán sắp xếp lịch học tại trường UH Manoa sẽ được trình bày trong các phần tiếp theo cùng với các ví dụ cụ thể.

## XII. HÀM MỤC TIÊU

Hàm mục tiêu sử dụng trong bài toán này là hàm cực tiểu hoá. Trong bài toán sắp xếp lịch học tại UH Manoa thì mục tiêu là cực tiểu hóa các xung đột và sự chồng chéo trong lịch học. Mục đích của hàm mục tiêu là chỉ chọn số lượng tiết học cần thiết cho mỗi lớp học tương ứng.

### A. Đầu vào

Việc chọn giá trị đầu vào là rất quan trọng. Để chọn được các đầu vào để áp dụng cho chương trình thì trước tiên cần xem xét dữ liệu hiện có, và tiếp đó là áp dụng các thông số cụ thể cho dữ liệu mà để đạt được hiệu quả tối ưu cho bài toán trong nghiên cứu này. Các biến đầu vào được chọn cho nghiên cứu này được tạo trực tiếp từ thời gian biểu của các lớp học tạo bởi chủ nhiệm khoa. Lịch học dùng cho ví dụ trong bài nghiên cứu này được cung cấp trong Bảng 1. Ví dụ cho đầu vào của hàm mục tiêu Bảng 2. Mỗi lớp được gán với

một biến,  $x_{ij}$  là các lớp cho sinh viên đại học,  $y_{ij}$  là các lớp sau Đại học. Với  $i$  là tên lớp học và  $j$  là tiết học tương ứng. Các lớp học trong một học kỳ được liệt kê ở cột đầu tiên và có 10 tiết học khác nhau bắt đầu từ 7:30 sáng tới 5:20 chiều mỗi tiết học kéo dài 50 phút. Ví dụ, lớp học ở vị trí thứ 7 trong danh sách, CEE 370, được sắp xếp vào tiết học thứ tư (10:30-11:20), khi đó  $x_{ij}$  sẽ là  $x_{74}$ .

Những tiết học được xem là không như đúng thời gian yêu thích của giảng viên hay sinh viên đều đã được nhân với 1000 vì những tiết học này không thể là những tiết học tối ưu được. Trong Bảng 2 ta sẽ có 23 lớp học lý thuyết và thực hành trong đó có 4 lớp sau Đại học.

### B. Đầu ra

Đầu ra trong bài toán này là tiết học cho các lớp học được đưa vào mô hình. Việc lựa chọn đầu ra là tiết học giúp xác định được các giải pháp khả thi cho các xung đột trong việc sắp xếp lớp học. Tất cả các biến sẽ được gán giá trị 0 hoặc 1 trong chương trình chạy trên LINGO. Tất cả các biến tiết học này sẽ cho ra một giá trị là 1 (giải pháp tối ưu nên được sử dụng) hoặc 0 (chưa tối ưu, không nên dùng cho việc xếp lịch).

## XIII. CÁC RÀNG BUỘC

### A. Ràng buộc 1: Các lớp học cấp độ 300 (300-level)

Ràng buộc này ngăn cho các lớp cấp độ 300 khỏi sự chồng chéo (tức 2 lớp khác nhau không thể được dạy trong một tiết học). Điều này nhằm đảm bảo rằng các sinh viên có thể lựa chọn nhiều lớp để học nhất có thể. Ràng buộc này cũng áp dụng cho các lớp thực hành nếu có của mỗi lớp học. Và có thể được áp dụng cho cả các lớp cấp độ 200. Để hiện thực ràng buộc này: với mỗi tiết học (có tất cả 10 tiết học trong ngày) ta sẽ cộng tất cả các lớp học cấp độ 300 lại với nhau và tổng này phải nhỏ hơn hoặc bằng 1 để chắc rằng chỉ có một lớp được chọn cho một tiết học.

### B. Ràng buộc 2: Các lớp học cấp độ 400

Ràng buộc này được xây dựng cũng giống như Ràng buộc 1 tuy nhiên có điều khác ràng buộc này chỉ áp dụng cho lớp học cấp độ 400.

### C. Ràng buộc 3: Các lớp học cấp độ 600

Các lớp học ở cấp độ 600 là các lớp dành cho sinh viên sau Đại học về vậy số lượng các lớp học này là giới hạn trong một học kỳ và nó rất quan trọng với các sinh viên sau Đại học vì vậy việc sắp xếp các lớp học không bị chồng chéo là rất cần thiết. Ràng buộc này được xây dựng giống như hai Ràng buộc bên trên nhưng có điểm khác là tên biến cho các lớp học của Ràng buộc 3 sẽ là  $y$  thay vì  $x$ , việc này nhằm mục đích phân biệt giữa lớp học cho sinh viên Đại học và sinh viên sau Đại học.

**Bảng 1. Lịch học được tạo thủ công (Fall 2015)**

Mã môn học	Section	Số giờ học	Tên môn học	Thứ	Thời gian bắt đầu	Thời gian kết thúc	Giảng viên
270	1	3	Applied Mechanics I	2-4-6	8:30 a.m.	9:20 a.m.	Prof. A
270	2	3	Applied Mechanics I	3-5	2:30 p.m.	4:15 p.m.	Prof. B
270	3	3	Applied Mechanics I	3-5	9:00 a.m.	10:15 a.m.	Prof. C
271	1	3	Applied Mechanics II	3-5	3:00 p.m.	4:15 p.m.	Prof. D
305	1	3	Applied Probability and Statistics	3-5	7:30 a.m.	8:45 a.m.	Prof. E
320	1	4	Fluid Mechanics Fundamentals	3-5	10:30 a.m.	11:45 a.m.	Prof. F
320L	1	-	Lab	3	12:00 p.m.	1:50 p.m.	Prof. F
320L	2	-	Lab	5	12:00 p.m.	1:50 p.m.	Prof. F
320L	3	-	Lab	3	3:00 p.m.	4:50 p.m.	Prof. F
330	1	4	W/Environmental Engineering	2-4-6	10:30 a.m.	11:20 a.m.	Prof. G
330L	1	-	Lab	2	12:30 p.m.	2:20 p.m.	Prof. G
330L	2	-	Lab	4	12:30 p.m.	2:20 p.m.	Prof. G
330L	3	-	Lab	6	12:30 p.m.	2:20 p.m.	Prof. G
355	1	4	Geotechnical Engineering I	3-5	9:00 a.m.	10:15 a.m.	Prof. H
355L	1	-	Lab	3	12:00 p.m.	1:50 p.m.	Prof. H
355L	2	-	Lab	5	12:00 p.m.	1:50 p.m.	Prof. H
360	1	3	Fundamentals of Transportation	2-4-6	9:30 a.m.	10:20 a.m.	Prof. I and J
370	1	3	Mechanics of Materials	2-4-6	1:30 p.m.	2:20 p.m.	Prof. B
370L	1	-	Lab	2	2:30 p.m.	3:50 p.m.	Prof. B
370L	2	-	Lab	4	2:30 p.m.	3:50 p.m.	Prof. B
370L	3	-	Lab	6	2:30 p.m.	3:50 p.m.	Prof. B
375	1	2	Construction Materials	2-4-6	8:30 a.m.	9:20 a.m.	Prof. K
375L	1	1	Lab	2	2:30 p.m.	4:20 p.m.	Prof. K
375L	2	1	Lab	4	2:30 p.m.	4:20 p.m.	Prof. K
375L	3	1	Lab	4	4:30 p.m.	6:20 p.m.	Prof. K
381	1	3	Structural Analysis	2-4-6	11:30 a.m.	12:20 p.m.	Prof. M
431	1	3	Water and Wastewater Engineering	3-5	3:00 p.m.	4:15 p.m.	Prof. N
444	1	3	Sustainable Infrastructure	2-4	3:30 p.m.	4:45 p.m.	Prof. O
455	1	3	Geotechnical Engineering II	2-4	8:30 a.m.	9:45 a.m.	Prof. P
461	1	3	Pavement Engineering	3-5	12:00 p.m.	1:15 p.m.	Prof. Q
472	1	3	Construction Project Management	3-5	12:00 p.m.	1:15 p.m.	Prof. R
473	1	3	Construction Equipments and Methods	2-4-6	10:30 a.m.	11:20 a.m.	Prof. R
474	1	3	Construction Bidding and Estimating	2-4-6	12:30 p.m.	1:20 p.m.	Prof. R
485	1	4	Reinforced Concrete	3-5	10:30 a.m.	11:45 a.m.	Prof. S
485L	1	-	Lab	2	1:30 p.m.	3:20 p.m.	Prof. S
489B	1	2	Senior Topic: Survey and Planning	4	1:30 p.m.	3:20 p.m.	Prof. N
489C	1	1	Professional Ethics	6	2:30 p.m.	3:20 p.m.	Prof. N
491	1	3	Loads on Structures	2-4-6	12:30 p.m.	1:20 p.m.	Prof. A
491	1	3	Climate Impact and Adapt for Control	3-5	9:00 a.m.	10:15 a.m.	Prof. T
601	1	3	Linear Programming Applications	3-5	12:00 p.m.	1:15 p.m.	Prof. E
633	1	3	Physical and Chemical Treatment	3-5	1:30 p.m.	2:45 p.m.	Prof. D
653	1	3	Advanced Soil Mechanics	2-4	10:30 a.m.	11:45 a.m.	Prof. P
664	1	3	Advanced Transportation Modeling	3-5	3:00 p.m.	4:15 p.m.	Prof. U
677	1	3	Smart Structures Technology	2-4	2:30 p.m.	3:45 p.m.	Prof. M
681	1	3	Theory Modern Structure Analysis	2-4	10:30 a.m.	11:45 a.m.	Prof. V
687	1	3	Prestressed Concrete	4-6	3:00 p.m.	4:15 p.m.	Prof. R and W Prof. C
691	1	1	Seminar	5	4:30 p.m.	5:20 p.m.	Prof. C

**D. Ràng buộc 4: Một giảng viên không thể dạy 2 lớp cùng một lúc**

Mục đích của Ràng buộc này là không cho phép việc một giảng viên dạy hai lớp riêng biệt trong cùng một tiết học. Để xây dựng Ràng buộc này thì: với giảng viên A dạy nhiều hơn hai loại lớp học (dạy cả hai loại là lớp cho sinh viên đại học và lớp cho sinh viên sau Đại học) ta sẽ cộng các biến lớp học (đây là các lớp học mà giảng viên A dạy) trong cùng một tiết học lại và tổng này phải nhỏ hơn hoặc bằng 1 vì giảng viên này chỉ được dạy một lớp học trong một tiết học xác định; làm tương tự với các giảng viên khác.

**E. Ràng buộc 5: Giảng viên cần thời gian nghỉ giữa hai lớp học**

Ràng buộc này giúp cho các giảng viên tránh việc dạy 2 tiết học liên tục, giúp họ có thời gian chuẩn bị cho tiết học tiếp theo của họ hay gặp mặt sinh viên để trao đổi - vì vậy đôi khi 10 phút nghỉ giữa hai tiết học là không đủ. Tuy nhiên vẫn có một số giảng viên lựa chọn việc dạy học 2 tiết học liên tục.

Để xây dựng Ràng buộc: với giảng viên A, ta sẽ lấy tất cả các biến của lớp mà giảng viên này dạy cộng với biến của lớp học kế tiếp cho mỗi khoảng thời gian tiết học.

**Bảng 2.** Đầu vào của hàm mục tiêu (hàm tối ưu hóa) (Fall 2015, MWF)

Lớp học	Giảng viên	xij/yij	Tiết học									
			7:30-8:20 a.m.	8:30-9:20 a.m.	9:30-10:20 a.m.	10:30-11:20 a.m.	11:30 a.m.-12:20 p.m.	12:30-1:20 p.m.	1:30-2:20 p.m.	2:30-3:20 p.m.	3:30-4:20 p.m.	4:30-5:20 p.m.
270	Prof. A	x1j	x11+	x12+	x13+	x14+	x15+	1,000x16+	1,000x17+	1,000x18+	1,000x19+	1,000x110+
330	Prof. G	x2j	x21+	x22+	x23+	x24+	x25+	1,000x26+	1,000x27+	1,000x28+	1,000x29+	1,000x210+
330L1	Prof. G	x3j	1,000x31+	1,000x32+	1,000x33+	1,000x34+	1,000x35+	x36+	x37+	x38+	x39+	x310+
330L2	Prof. G	x4j	1,000x41+	1,000x42+	1,000x43+	1,000x44+	1,000x45+	x46+	x47+	x48+	x49+	x410+
330L3	Prof. G	x5j	1,000x51+	1,000x52+	1,000x53+	1,000x54+	1,000x55+	x56+	x57+	x58+	x59+	x510+
360	Profs. and J	x6j	x61+	x62+	x63+	x64+	x65+	1,000x66+	1,000x67+	1,000x68+	1,000x69+	1,000x610+
370	Prof. B	x7j	1,000x71+	1,000x72+	1,000x73+	1,000x74+	1,000x75+	x76+	x77+	x78+	x79+	x710+
370L	Prof. B	x8j	1,000x81+	1,000x82+	1,000x83+	1,000x84+	1,000x85+	x86+	x87+	x88+	x89+	x810+
370L	Prof. B	x9j	1,000x91+	1,000x92+	1,000x93+	1,000x94+	1,000x95+	x96+	x97+	x98+	x99+	x910+
370L	Prof. B	x10j	1,000x101+	1,000x102+	1,000x103+	1,000x104+	1,000x105+	x106+	x107+	x108+	x109+	x1010+
375	Prof. K	x11j	x111+	x112+	x113+	x114+	x115+	1,000x116+	1,000x117+	1,000x118+	1,000x119+	1,000x1110+
375L	Prof. K	x12j	1,000x121+	1,000x122+	1,000x123+	1,000x124+	1,000x125+	1,000x126+	1,000x127+	x128+	x129+	1,000 x1210+
375L	Prof. K	x13j	1,000x131+	1,000x132+	1,000x133+	1,000x134+	1,000x135+	x136+	x137+	x138+	x139+	x1310+
375L	Prof. K	x14j	1,000x141+	1,000x142+	1,000x143+	1,000x144+	1,000x145+	x146+	x147+	x148+	x149+	x1410+
381	Prof. M	x15j	x151+	x152+	x153+	x154+	x155+	1,000x156+	1,000x157+	1,000x158+	1,000x159+	1,000x1510+
444	Prof. o	x16j	1,000x161+	1,000x162+	1,000x163+	1,000x164+	1,000x165+	x166+	x167+	x168+	x169+	x1610+
455	Prof. P	x17j	x171+	x172+	x173+	x174+	x175+	1,000x176+	1,000x177+	1,000x178+	1,000x179+	1,000x1710+
473	Prof. R	x18j	x181+	x182+	x183+	x184+	x185+	1,000x186+	1,000x187+	1,000x188+	1,000x189+	1,000x1810+
474	Prof. R	x19j	1,000x191+	1,000x192+	1,000x193+	1,000x194+	1,000x195+	x196+	x197+	x198+	x199+	x1910+
485L	Prof. S	x20j	1,000x201+	1,000x202+	1,000x203+	1,000x204+	1,000x205+	x206+	x207+	x208+	x209+	x2010+
489B	Prof. N	x21j	1,000x211+	1,000x212+	1,000x213+	1,000x214+	1,000x215+	x216+	x217+	x218+	x219+	x2110+
489C	Prof. N	x22j	1,000x221+	1,000x222+	1,000x223+	1,000x224+	1,000x225+	x226+	x227+	x228+	x229+	x2210+
491	Prof. A	x23j	1,000x231+	1,000x232+	1,000x233+	1,000x234+	1,000x235+	x236+	x237+	x238+	x239+	x2310+
653	Prof. P	y1j	y11+	y12+	y13+	y14+	y15+	1,000y16+	1,000y17+	1,000y18+	1,000y19+	1,000y110+
677	Prof. M	y2j	1,000y21+	1,000y22+	1,000y23+	1,000y24+	1,000y25+	y26+	y27+	y28+	y29+	y210+
681	Prof. V	y3j	y31+	y32+	y33+	y34+	y35+	1,000y36+	1,000y37+	1,000y38+	1,000y39+	1,000y310+
687	Profs. R and W	y4j	1,000y41+	1,000y42+	1,000y43+	1,000y44+	1,000y45+	y46+	y47+	y48+	y49+	y410

**Bảng 3.** Ví dụ của ràng buộc các lớp học cùng cấp 300 (từ Fall 2015, MWF)

Tiết học	CEE330	CEE360	CEE370	CEE375	CEE381	<=	Ràng buộc
7:30-8:20 a.m	x21+	x61+	x71+	x111+	x151	<=	1
8:30-9:20 a.m	x22+	x62+	x72+	x112+	x152	<=	1
9:30 - 10:20 a.m	x23+	x63+	x73+	x113+	x153	<=	1
10:30-11:20 a.m	x24+	x64+	x74+	x114+	x154	<=	1
11:30 a.m-12:20 p.m	x25+	x65+	x75+	x115+	x155	<=	1
12:30-1:20 p.m	x26+	x66+	x76+	x116+	x156	<=	1
1:30-2:20 p.m	x27+	x67+	x77+	x117+	x157	<=	1
2:30-3:20 p.m	x28+	x68+	x78+	x118+	x158	<=	1
3:30-4:20 p.m	x29+	x69+	x79+	x119+	x159	<=	1
4:30-5:20 p.m	x210+	x610+	x710+	x1110+	x1510	<=	1

**Bảng 4.** Ví dụ của ràng buộc các lớp học cùng cấp 400 (từ Fall 2015, MWF)

Tiết học	CEE444	CEE455	CEE473	CEE474	CEE485L	CEE489B	CEE489C	CEE491	<=	Ràng buộc
7:30-8:20 a.m	x161+	x171+	x181+	x191+	x201+	x211+	x221+	x231	<=	1
8:30-9:20 a.m	x162+	x172+	x182+	x192+	x202+	x212+	x222+	x232	<=	1
9:30 - 10:20 a.m	x163+	x173+	x183+	x193+	x203+	x213+	x223+	x233	<=	1
10:30-11:20 a.m	x164+	x174+	x184+	x194+	x204+	x214+	x224+	x234	<=	1
11:30 a.m-12:20 p.m	x165+	x175+	x185+	x195+	x205+	x215+	x225+	x235	<=	1
12:30-1:20 p.m	x166+	x176+	x186+	x196+	x206+	x216+	x226+	x236	<=	1
1:30-2:20 p.m	x167+	x177+	x187+	x197+	x207+	x217+	x227+	x237	<=	1
2:30-3:20 p.m	x168+	x178+	x188+	x198+	x208+	x218+	x228+	x238	<=	1
3:30-4:20 p.m	x169+	x179+	x189+	x199+	x209+	x219+	x229+	x239	<=	1
4:30-5:20 p.m	x1610+	x1710+	x1810+	x1910+	x2010+	x2110+	x2210+	x2310	<=	1

#### F. Ràng buộc 6: Các lớp lý thuyết và các lớp thực hành của chúng không được dạy cùng lúc

Ràng buộc này để chắc chắn các môn học và các lớp thực hành đi kèm không được xếp lịch học trong cùng tiết học. Mặc dù giảng viên không cần thiết có mặt trong các lớp thực hành vì những lớp này được dạy bởi các sinh viên sau Đại học. Sinh viên cũng không thể cùng lúc có mặt cả ở lớp lý thuyết và lớp thực hành trong cùng một tiết học. Ràng buộc được xây dựng như sau: trong cùng một tiết học, lớp lý thuyết

và các lớp thực hành của nó sẽ được cộng lại với nhau và tổng này phải nhỏ hơn hoặc bằng 1 để đảm bảo chỉ một giá trị được chọn cho mỗi một tiết học cho trước.

#### G. Ràng buộc 7: Các lớp có thời gian học dài hơn cần được dạy trong các tiết học liên tục

Một số lớp sẽ có thời gian học vượt quá 50 phút trong một tiết học bình thường để đáp ứng yêu cầu thời gian tối thiểu của môn học trong tuần. Ràng buộc này rất cần thiết cho việc sắp xếp lịch học cho các lớp này. Để hiện thực Ràng buộc cần

**Bảng 5.** Ví dụ của ràng buộc các lớp học cùng cấp 600 (từ Fall 2015, MWF)

Tiết học	CEE653	CEE677	CEE681	CEE687	<=	Ràng buộc
7:30-8:20 a.m	y11+	y21+	y31+	y41	<=	1
8:30-9:20 a.m	y12+	y22+	y32+	y42	<=	1
9:30 - 10:20 a.m	y13+	y23+	y33+	y43	<=	1
10:30-11:20 a.m	y14+	y24+	y34+	y44	<=	1
11:30 a.m-12:20 p.m	y15+	y25+	y35+	y45	<=	1
12:30-1:20 p.m	y16+	y26+	y36+	y46	<=	1
1:30-2:20 p.m	y17+	y27+	y37+	y47	<=	1
2:30-3:20 p.m	y18+	y28+	y38+	y48	<=	1
3:30-4:20 p.m	y19+	y29+	y39+	y49	<=	1
4:30-5:20 p.m	y110+	y210+	y310+	y410	<=	1

**Bảng 6.** Ví dụ của ràng buộc giảng viên không thể dạy 2 lớp cùng lúc (giảng viên A ở lớp CEE270 và CEE491) (từ Fall 2015, MWF)

Tiết học	CEE270	CEE491	<=	Ràng buộc
7:30-8:20 a.m	x11+	x231	<=	1
8:30-9:20 a.m	x12+	x232	<=	1
9:30 - 10:20 a.m	x13+	x233	<=	1
10:30-11:20 a.m	x14+	x234	<=	1
11:30 a.m-12:20 p.m	x15+	x235	<=	1
12:30-1:20 p.m	x16+	x236	<=	1
1:30-2:20 p.m	x17+	x237	<=	1
2:30-3:20 p.m	x18+	x238	<=	1
3:30-4:20 p.m	x19+	x239	<=	1
4:30-5:20 p.m	x110+	x2310	<=	1

2 phương trình. Phương trình đầu tiên, ta sẽ lấy tổng của toàn bộ các biến tiết học mà một lớp chỉ định có thể được xếp vào và tổng này phải bằng với thời gian yêu cầu của lớp học. Ví dụ, lớp học thực hành cần đáp ứng 2 giờ học liên tục nên tổng thời gian các tiết học phải bằng 2. Phương trình thứ hai dùng để đảm bảo một điều là nếu tiết học đầu tiên của lớp học là ở tiết học thứ nhất thì giờ học tiếp theo phải là tiết học thứ hai, tương tự cho các lớp học khác (điều này để chắc chắn rằng lớp học sẽ được học liên tục trong 2 giờ).

**Bảng 7.** Ví dụ của ràng buộc giảng viên cần thời gian nghỉ giữa 2 lớp (giảng viên A ở lớp CEE270 và CEE491) (từ Fall 2015, MWF)

Tiết học	CEE270	Break	CEE491	Break	<=	Ràng buộc
7:30-8:20 a.m	x11+	x12+	x231+	x232	<=	1
8:30-9:20 a.m	x12+	x13+	x232+	x233	<=	1
9:30 - 10:20 a.m	x13+	x14+	x233+	x234	<=	1
10:30-11:20 a.m	x14+	x15+	x234+	x235	<=	1
11:30 a.m-12:20 p.m	x15+	x16+	x235+	x236	<=	1
12:30-1:20 p.m	x16+	x17+	x236+	x237	<=	1
1:30-2:20 p.m	x17+	x18+	x237+	x238	<=	1
2:30-3:20 p.m	x18+	x19+	x238+	x239	<=	1
3:30-4:20 p.m	x19+	x110+	x239+	x2310	<=	1

**Bảng 8.** Ví dụ của ràng buộc giảng cho lớp lý thuyết và thực hành (giảng viên G ở lớp CEE 330, CEE 330L1, CEE 330L2 và CEE 330L3) (từ Fall 2015, MWF)

Tiết học	CEE330	CEE330L1	CEE330L2	CEE330L3	<=	Ràng buộc
7:30-8:20 a.m.	x21+	x31+	x41+	x51	<=	1
8:30-9:20 a.m.	x22+	x32+	x42+	x52	<=	1
9:30-10:20 a.m.	x23+	x33+	x43+	x53	<=	1

## XIV. PHƯƠNG PHÁP

Mục này sẽ giải thích phương pháp sắp xếp lịch học đang được áp dụng bởi Khoa Kỹ thuật Xây dựng tại UH, cũng như phương pháp đề xuất sử dụng trong nghiên cứu này. Phương pháp đề xuất được chạy thực nghiệm trên phần mềm LINGO, một phần mềm để sử dụng và hỗ trợ tốt cho học tập và nghiên cứu.

### A. Phương pháp truyền thống

Trước mỗi học kỳ, chủ nhiệm khoa sẽ lấy ý kiến từng giảng viên về yêu cầu và đầu vào của họ cho những lớp học mà các giảng viên này có thể được chỉ định giảng dạy. Sau đó, chủ nhiệm khoa sẽ tiến hành sắp xếp lịch học cho các lớp học. Một bản thảo của lịch học sẽ được đưa ra để các giảng viên đưa ra các phản hồi hay bất cứ thay đổi cần thiết nào. Lịch học chính thức sẽ được sử dụng sau khi tất cả các đánh giá đã được chủ nhiệm khoa giải quyết.

Phương pháp này mang tính chất chủ quan và không chặt chẽ trong việc sắp xếp lịch học.

### B. Phương pháp đề xuất

Phương pháp đề xuất được áp dụng thông qua sử dụng quy hoạch tuyến tính kết hợp với những điều chỉnh thủ công. Phương pháp này bao gồm 11 bước chi tiết trong Hình 1.

- Bước 1:** Lấy bản thảo lịch học của khoa cho một học kỳ chỉ định. Tất cả đầu vào cho chương trình sẽ được rút trích từ lịch học này.
- Bước 2:** Tạo một mô hình trực quan hoá lịch học cho các lớp sẽ được dạy trong học kỳ. Để từ đây tiến hành phân tích các tiết học phù hợp cho từng môn học, xem Hình. 2.
- Bước 3:** Xác định và phân chia các nhóm: chia các lớp thành các nhóm tương ứng, Thứ hai - Thứ tư (MW), MWF, TR, hay các lớp chỉ học một ngày một tuần. Các nhóm sẽ phân biệt rõ ràng trong lịch học trong Hình. 2.
- Bước 4:** Xác định các xung đột: tất cả các xung đột được tìm thấy trong mô hình trực quan được tạo ra từ phương pháp truyền thống sẽ được đánh dấu, gắn số và liệt kê lại.
- Bước 5:** Tạo các biến đầu vào: các biến đầu vào sẽ đại diện cho các tiết học. Xác định các lớp nào được dạy vào buổi sáng và lớp nào được dạy vào buổi chiều. Vì điều này phản ánh yêu cầu của các giảng viên (thích dạy buổi sáng hơn). Với những tiết học nằm ngoài khoảng thời gian ưu thích của các giảng viên sẽ bị nhân thêm 1000 để tránh được lựa chọn là giải pháp tối ưu.
- Bước 6:** Tạo hàm mục tiêu: tạo hàm mục tiêu sử dụng các biến đầu vào đã được tạo ở Bước 5. Hàm MIN trong LINGO sẽ được đặt trước tất cả các biến, vì mục tiêu là giảm các xung đột xuống mức tối thiểu và lựa chọn ra các biến mà tạo ra ít xung đột nhất có thể.
- Bước 7:** Xây dựng các ràng buộc: tạo ra các ràng buộc dựa vào các biến và các giới hạn mới được tạo ra ở các bước trên. Tất cả các ràng buộc được đề cập trong những mục *Các ràng buộc* đều phải được chạy trong chương trình tuyến tính cùng một lúc. Tuy nhiên, lịch học MWF

**Bảng 9.** Ví dụ của ràng buộc các lớp có thời gian học dài hơn 50 phút(từ Fall 2015, MWF)

Môn học	Tiết học										Số giờ cần thiết
	7:30-8:20 a.m	8:30-9:20 a.m	9:30-10:20 a.m	10:30-11:20 a.m	11:30 a.m-12:20 p.m	12:30-1:20 p.m	1:30-2:20 p.m	2:30-3:20 p.m	3:30-4:20 p.m	4:30-5:20 p.m	
CEE 330L1	x31+	x32+	x33+	x34+	x35+	x36+	x37+	x38+	x39+	x310	= 2
CEE 330L2	x41+	x42+	x43+	x44+	x45+	x46+	x47+	x48+	x49+	x410	= 2
CEE 330L3	x51+	x52+	x53+	x54+	x55+	x56+	x57+	x58+	x59+	x510	= 2
CEE 370L	x81+	x82+	x83+	x84+	x85+	x86+	x87+	x88+	x89+	x810	= 2
CEE 370L	x91+	x92+	x93+	x94+	x95+	x96	x97+	x98+	x99+	x910	= 2
CEE 370L	x101+	x102+	x103+	x104+	x105+	x106+	x107+	x108+	x109+	x1010	= 2
CEE 375L	x121+	x122+	x123+	x124+	x125+	x126+	x127+	x128+	x129+	x1210	= 2
CEE 375L	x131+	x132+	x133+	x134+	x135+	x136+	x137+	x138+	x139+	x1310	= 2
CEE 375L	x141+	x142+	x143+	x144+	x145+	x146+	x147+	x148+	x149+	x1410	= 2
CEE 485L	x201+	x202+	x203+	x204+	x205+	x206+	x207+	x208+	x209+	x2010	= 2
CEE 489B	x211+	x212+	x213+	x214+	x215+	x216+	x217+	x218+	x219+	x2110	= 2
CEE 489C	x221+	x222+	x223+	x224+	x225+	x226+	x227+	x228+	x229+	x2210	= 2

**Bảng 10.** Ví dụ của ràng buộc các lớp có thời gian học dài hơn 50 phút(từ Fall 2015, MWF)

Tiết học	7:30-8:20 a.m	8:30-9:20 a.m	9:30-10:20 a.m	10:30-11:20 a.m	11:30 a.m-12:20 p.m	12:30-1:20 p.m	1:30-2:20 p.m	2:30-3:20 p.m	3:30-4:20 p.m	4:30-5:20 p.m	<=	Ràng buộc
7:30-8:20 a.m	x51+	—	x53	—	—	—	—	—	—	—	<=	1
7:30-8:20 a.m	x51+	—	—	x54	—	—	—	—	—	—	<=	1
7:30-8:20 a.m	x51+	—	—	—	x55	—	—	—	—	—	<=	1
7:30-8:20 a.m	x51+	—	—	—	—	x56	—	—	—	—	<=	1
7:30-8:20 a.m	x51+	—	—	—	—	—	x57	—	—	—	<=	1
7:30-8:20 a.m	x51+	—	—	—	—	—	—	x58	—	—	<=	1
7:30-8:20 a.m	x51+	—	—	—	—	—	—	—	x59	—	<=	1
7:30-8:20 a.m	x51+	—	—	—	—	—	—	—	—	x510	<=	1
8:30-9:20 a.m	—	x52+	—	x54	—	—	—	—	—	—	<=	1
8:30-9:20 a.m	—	x52+	—	—	x55	—	—	—	—	—	<=	1
8:30-9:20 a.m	—	x52+	—	—	—	x56	—	—	—	—	<=	1
8:30-9:20 a.m	—	x52+	—	—	—	—	x57	—	—	—	<=	1
8:30-9:20 a.m	—	x52+	—	—	—	—	—	x58	—	—	<=	1
8:30-9:20 a.m	—	x52+	—	—	—	—	—	—	x59	—	<=	1
8:30-9:20 a.m	—	x52+	—	—	—	—	—	—	—	x510	<=	1
9:30-10:20 a.m	—	—	x53+	—	x55	—	—	—	—	—	<=	1
9:30-10:20 a.m	—	—	x53+	—	—	x56	—	—	—	—	<=	1
9:30-10:20 a.m	—	—	x53+	—	—	—	x57	—	—	—	<=	1
9:30-10:20 a.m	—	—	x53+	—	—	—	—	x58	—	—	<=	1
9:30-10:20 a.m	—	—	x53+	—	—	—	—	—	x59	—	<=	1
9:30-10:20 a.m	—	—	x53+	—	—	—	—	—	—	x510	<=	1
10:30-11:20 a.m	—	—	—	x54+	—	x56	—	—	—	—	<=	1
10:30-11:20 a.m	—	—	—	x54+	—	—	x57	—	—	—	<=	1
10:30-11:20 a.m	—	—	—	x54+	—	—	—	x58	—	—	<=	1
10:30-11:20 a.m	—	—	—	x54+	—	—	—	—	x59	—	<=	1
10:30-11:20 a.m	—	—	—	x54+	—	—	—	—	—	x510	<=	1
11:30 a.m-12:20 p.m	—	—	—	—	x55+	—	x57	—	—	—	<=	1
11:30 a.m-12:20 p.m	—	—	—	—	x55+	—	—	x58	—	—	<=	1
11:30 a.m-12:20 p.m	—	—	—	—	x55+	—	—	—	x59	—	<=	1
11:30 a.m-12:20 p.m	—	—	—	—	x55+	—	—	—	—	x510	<=	1
12:30-1:20 p.m	—	—	—	—	—	x56+	—	x58	—	—	<=	1
12:30-1:20 p.m	—	—	—	—	—	x56+	—	—	x59	—	<=	1
12:30-1:20 p.m	—	—	—	—	—	x56+	—	—	—	x510	<=	1
1:30-2:20 p.m	—	—	—	—	—	—	x57+	—	x59	—	<=	1
1:30-2:20 p.m	—	—	—	—	—	—	x57+	—	—	x510	<=	1
2:30-3:20 p.m	—	—	—	—	—	—	—	x58+	—	x510	<=	1

sẽ được chạy riêng biệt với TR vì hai lịch học này đã được phân biệt với nhau.

- **Bước 8:** Chạy thử nghiệm LINGO: chạy thử nghiệm phần mềm LINGO. Nếu một giải pháp tối ưu được tìm thấy thì chương trình sẽ trả về thông báo “global optimum solution found”, nghĩa là không có bất cứ xung đột nào. Toàn bộ biến đầu và sẽ được liệt kê ra cùng với giá trị đầu ra (0 hoặc 1). Đoạn mã GIN phải được thêm vào như là

ràng buộc cuối cùng trong LINGO trước khi chạy chương trình để đảm bảo tất cả các biến đều là số nguyên. Việc sử dụng GIN cũng để chắc chắn rằng giá trị đầu ra cũng chỉ là số nguyên. Nếu không có bất cứ giải pháp tối ưu nào được tìm thấy ta sẽ chuyển sang Bước 8A.

- **Bước 8A:** Sử dụng DEBUG để xác định lỗi: với những phương trình không thể xác định nghiệm ta dùng tính năng DEBUG trong LINGO để giải quyết. Phần mềm sẽ

chỉ đưa ra các phương trình gây nên việc không tìm được nghiệm của bài toán và cũng sẽ đưa ra các cách khắc phục. Lập trình viên sẽ làm theo chỉ dẫn LINGO tới khi có thể tìm được đáp án cho bài toán. Nếu các xung đột vẫn được tìm thấy và không thể khắc phục được thì tiến hành xóa bỏ những phương trình ràng buộc này ra khỏi LINGO để có thể tìm được nghiệm tối ưu.

- **Bước 9:** Phân tích kết quả: những biến có giá trị đầu ra là 1 sẽ được chọn để xếp lịch. Vì đây là những tiết học tối ưu nhất.
- **Bước 10:** Cập nhật bảng trực quan lịch học: sử dụng kết quả đầu ra của mô hình để vẽ lại bảng lịch học. Kiểm tra các xung đột cũ nếu còn, hay các xung đột mới nếu có. Các lớp trên lịch có thể được điều chỉnh thủ công bằng cách dịch sang trái hay sang phải hoặc thay đổi ngày học nếu cần thiết.
- **Bước 11:** Điều chỉnh các ràng buộc: nếu các xung đột vẫn tiếp tục tồn tại, lặp lại Bước 5-10 bằng cách dịch chuyển các tiết học sang trái hoặc sang phải để loại bỏ nhiều rủi ro về xung đột nhất có thể. Trường hợp không thể loại bỏ hết các xung đột, thì cải tiến lại các ràng buộc để xem liệu có thể tìm được nghiệm tối ưu cho bài toán. Lặp lại tới khi tất cả các xung đột được giải quyết hoặc các phương trình vô nghiệm được xác định.

## XV. VÍ DỤ SẮP XẾP LỊCH: HỌC KỲ MÙA THU 2015

Bản Lịch học ban đầu như Hình 2 trên. Lịch này có tới 12 xung đột (10 xung đột ở các lớp đại học và 2 xung đột ở các lớp sau đại học). Để giải quyết các xung đột này, nhóm tác giả chạy 2 lần LINGO để có được lời giải tối ưu. Kết quả cuối cùng là chỉ còn tổng cộng 4 xung đột (tất cả đều ở các lớp đại học). Các bước thực hiện việc xếp lịch mùa thu 2015 như sau:

- 1: Lịch học ban đầu do phòng đào tạo xây dựng.
- 2: Tạo ra mô hình trực quan 0.
- 3: Tìm ra các xung đột trong mô hình trực quan 0.
- 4: Chạy thử nghiệm LINGO lần 1 (LINGO1).
- 5: DEBUG trên mô hình LINGO1.
- 6: Sửa đổi ràng buộc.
- 7: Tạo ra mô hình trực quan 1.
- 8: Tìm ra các xung đột trên mô hình trực quan 1.
- 9: Viết lại các phương trình.
- 10: Chạy thử nghiệm LINGO lần 2 (LINGO2).
- 11: Tạo mô hình trực quan 2.
- 12: Tìm ra các xung đột trên mô hình trực quan 2.
- 13: Chỉnh sửa thủ công các xung đột.
- 14: Có được kết quả tối ưu.

### A. Mô hình LINGO1 và mô hình trực quan 1

Trong lần chạy thực nghiệm 1, lịch học cho các lớp thứ 2-4-6 là không phù hợp bởi vì các phương trình (equations) và ràng buộc. Sau khi sử dụng Debug, các ràng buộc yêu cầu tách các lớp học mức độ 300 và các tiết thực hành thành các ràng buộc độc lập (Ở ràng buộc 1, các lớp thực hành và lý thuyết phải không được chồng chéo nhau và giờ yêu cầu phải tách ra). Nguyên nhân là có tới 15 lớp nhưng chỉ có 10 tiết

một ngày. Vì vậy, một vài lớp thực hành phải có chồng chéo với lớp lý thuyết (nhưng không phải cùng môn học).

Sau khi áp dụng các thay đổi này, LINGO đã tìm được lời giải tối ưu, nhưng có tới 12 xung đột cho lịch học các ngày thứ 2-4-6. Các xung đột này là: 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 và 16. Được trực quan ở Hình 3.

Đối với các lớp thứ 3-5, lịch học ban đầu cũng không hợp lý vì có nhiều có lớp học kéo dài 2 giờ và các lớp thực hành (tổng cộng 20 lớp). Sau khi DEBUG, các trường hợp ở các lớp cấp độ 300 tương tự như lớp thứ 2-4-6 cũng xuất hiện trong lớp thứ 3-5. Vì vậy, phải chấp nhận một vài chồng chéo giữa các lớp lý thuyết và thực hành. Sau khi có được kết quả tối ưu, vẫn còn 4 xung đột chưa giải quyết được là các xung đột 1, 2, 3, 4.

### B. Mô hình LINGO2 và mô hình trực quan 2

Có thể nhận thấy rằng phần lớn các xung đột là chồng chéo các lớp thực hành của các lớp cấp độ 300, đặc biệt là các lớp thứ 2-4-6. Vì vậy, cần phải điều chỉnh hàm mục tiêu và các ràng buộc. Lớp thực hành chỉ được tổ chức dạy một lần một tuần nhưng lại được đặt một biến riêng ( Ví dụ: 370L1, 370L2, 370L3). Với mục tiêu ban đầu là các lớp thực hành không được chồng chéo tiết học với bất cứ lớp lý thuyết nào. Tuy nhiên, không có cách sắp xếp lịch học nào để tránh việc chồng chéo bởi vì số lượng lớp học cấp độ 300 vượt quá số tiết học trong ngày (10 tiết).

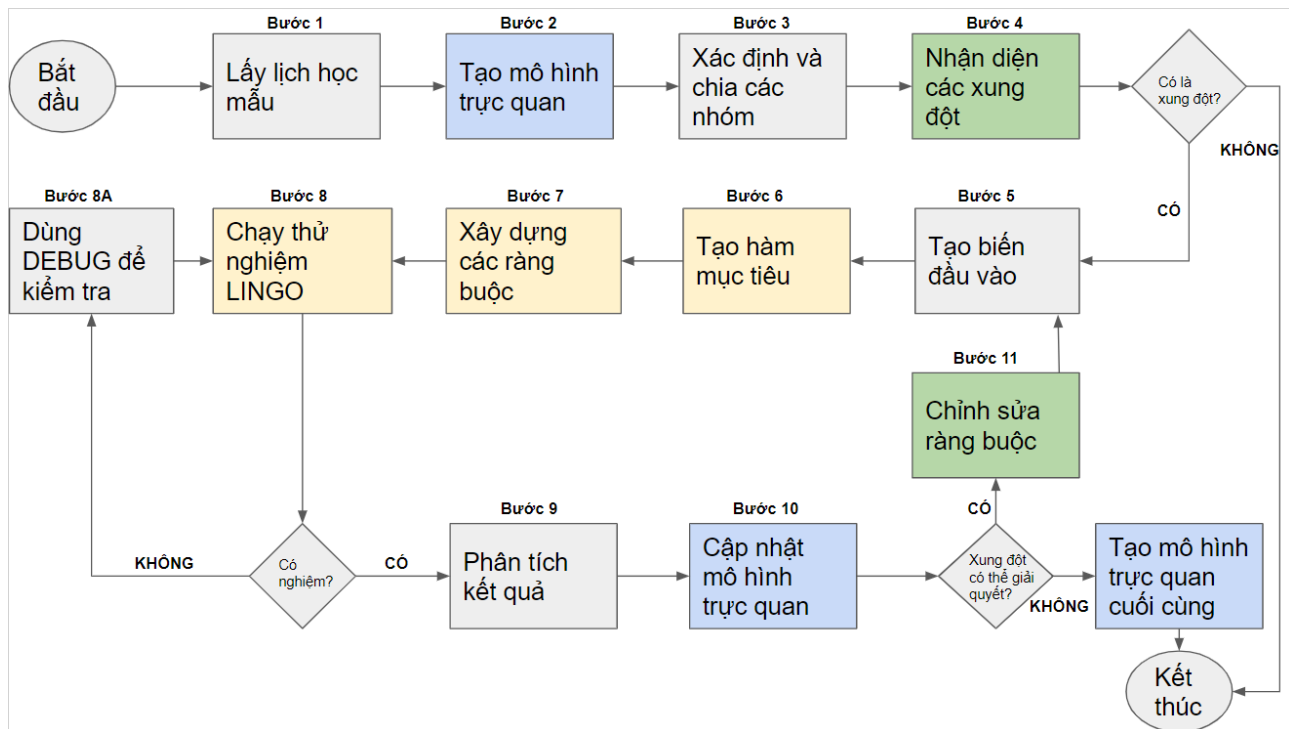
Trong ví dụ về lịch học này, có 4 lớp lý thuyết cấp độ 300 (thứ 2-4-6 và 3-5) và mỗi lớp lý thuyết có 3 ca thực hành tương ứng. Có 3 trong 4 lớp lý thuyết ở trên có 3 ca thực hành được dạy vào 3 ngày riêng biệt.

Trong lần chạy thực nghiệm 2, 3 ca thực hành được dạy vào 3 ngày riêng biệt sẽ được gộp lại chỉ 1 biến, thay vì 3 biến như ban đầu (370L(1, 2, 3)). Bằng cách này, các ca học thực hành sẽ diễn ra cùng 1 tiết học nhưng khác ngày. Một ví dụ có trong Bảng 11.

Các vấn đề gặp phải trong lần chạy thực nghiệm 1, các lớp lý thuyết và thực hành cấp độ 300 được đặt trong các ràng buộc độc lập. Tuy nhiên, bởi vì sự thay đổi trong các biến của các lớp thực hành ở trên, các ràng buộc ngăn cản sự chồng chéo các lớp thực hành cấp độ 300 (ở lần thực nghiệm 1) cần được sửa đổi. Các lớp thực hành cho các lớp học phải không diễn ra cùng tiết học. Ví dụ trong Bảng 12.

Sau khi DEBUG, LINGO đã tìm được lời giải tối ưu. Mô hình LINGO 2 có ít xung đột hơn mô hình LINGO 1 nhưng vẫn có tới 10 xung đột. Các xung đột này trong mô hình trực quan ở Hình 4. Khi quan sát Hình 4, một vài xung đột có thể được điều chỉnh thủ công. Mục tiêu của điều chỉnh thủ công là không có ca học thực hành nào chồng lấn với nhau, bởi vì 2 ca thực hành (của các lớp khác nhau) diễn ra cùng thời điểm sẽ vượt quá sức chứa phòng thực hành. Các ca học thực hành sẽ được sắp xếp vào những tiết học phù hợp, việc này sẽ lặp lại đến khi nào không còn sự chồng chéo.

Tương tự cho các lớp lý thuyết, miễn là các thay đổi được thực hiện không tạo ra thêm xung đột mới nào. Quá trình điều chỉnh thủ công này giúp loại bỏ 4 xung đột.



Hình 1: Quy trình xây dựng lịch học bằng phương pháp đề xuất.

**Bảng 11.** Giá trị đầu vào của hàm mục tiêu (hàm tối ưu hóa), chạy thử nghiệm 2 (Fall 2015, MWF)

Lớp học	Giảng viên	xij	Tiết học									
			7:30-8:20 a.m.	8:30-9:20 a.m.	9:30-10:20 a.m.	10:30-11:20 a.m.	11:30 a.m.-12:20 p.m.	12:30-1:20 p.m.	1:30-2:20 p.m.	2:30-3:20 p.m.	3:30-4:20 p.m.	4:30-5:20 p.m.
330	Prof. G	x2j	x11+	x12+	x13+	x14+	x15+	x16+	x17+	x18+	x19+	x10+
330L (1. 2. 3)	Prof. G	x3j	1,000x31-	1,000x32+	1,000x33+	1,000x34+	1,000x35+	x36+	x37+	x38+	x39+	x310+
361	Prof. I and J	x6j	x61+	x62+	x63+	x64+	x65+	1,000x66+	1,000x67+	1,000x68+	1,000x69+	1,000x610+
370	Prof. B	x7j	1,000x71+	1,000x72+	1,000x73+	1,000x74+	1,000x75+	x76+	x77+	x78+	x79+	x710+
370L (1. 2. 3)	Prof. B	x8j	1,000x81+	1,000x82+	1,000x83+	1,000x84+	1,000x85+	x86+	x87+	x88+	x89+	x810+
375	Prof. K	x11j	x111+	x112+	x113+	x114+	x115+	1,000x116+	1,000x117+	1,000x118+	1,000x119+	1,000x1,110+
375L (1. 2)	Prof. K	x12j	1,000x121+	1,000x122+	1,000x123+	1,000x124+	1,000x125+	1,000x126+	1,000x127+	x128+	x129+	1,000x1,210+
375L	Prof. K	x14j	1,000x141+	1,000x142+	1,000x143+	1,000x144+	1,000x145+	x146+	x147+	x148+	x149+	x1,000+
381	Prof. M	x15j	x151+	x152+	x153+	x154+	x155+	1,000x156+	1,000x157+	1,000x158+	1,000x159+	1,000x1,510+
444	Prof. O	x16j	1,000x161+	1,000x162+	1,000x163+	1,000x164+	1,000x165+	x166+	x167+	x168+	x169+	x1,610+
455	Prof. P	x17j	x171+	x172+	x173+	x174+	x175+	1,000x176+	1,000x177+	1,000x178+	1,000x179+	1,000x1,710+
473	Prof. R	x18j	x181+	x182+	x183+	x184+	x185+	1,000x186+	1,000x187+	1,000x188+	1,000x189+	1,000x1,810+
474	Prof. R	x19j	1,000x191+	1,000x192+	1,000x193+	1,000x194+	1,000x195+	x196+	x197+	x198+	x199+	x1,910+
485L	Prof. S	x20j	1,000x201+	1,000x202+	1,000x203+	1,000x204+	1,000x205+	x206+	x207+	x208+	x209+	x2,010+
489B	Prof. N	x21j	1,000x211+	1,000x212+	1,000x213+	1,000x214+	1,000x215+	x216+	x217+	x218+	x219+	x2,110+
489C	Prof. N	x22j	1,000x221+	1,000x222+	1,000x223+	1,000x224+	1,000x225+	x226+	x227+	x228+	x229+	x2,210+
491	Prof. A	x23j	1,000x231+	1,000x232+	1,000x233+	1,000x234+	1,000x235+	x236+	x237+	x238+	x239+	x2,310

### C. Thống kê cuối cùng

Trong lịch học cuối cùng Hình 4 vẫn còn 4 xung đột không thể loại bỏ. Các vấn đề xung đột trước và sau chạy mô hình có trong Bảng 13, 14 và các sửa đổi có trong Bảng 15. Các vấn đề của sắp xếp lịch học bắt nguồn từ việc sắp xếp các ca học thực hành của sinh viên đại học để tránh sự chồng chéo với các lớp lý thuyết hoặc các ca thực hành khác. Các tác giả đề xuất việc giảm số ca thực hành trên mỗi lớp lý thuyết để tránh các xung đột này trong tương lai.

### D. Phân tích thống kê

Để chứng minh các lợi ích của mô hình xếp lịch bằng quy hoạch tuyến tính này, các tác giả đã sử dụng các so sánh thống kê giữa các xung đột trong lịch học ban đầu và lịch học sau khi sử dụng mô hình xếp lịch. Các so sánh này được làm rõ trong Bảng 16 đối với lịch học cho sinh viên đại học, Bảng 17 cho sinh viên sau đại học và bảng 18 cho tất cả sinh viên trong trong khoa Kỹ thuật Xây dựng. Ba bảng này cũng cho thấy tỷ lệ cải thiện sau khi sử dụng mô hình xếp lịch học sau 8 kì. Cho tất cả các lớp học trong khoa Kỹ thuật xây dựng, tỷ



**Bảng 12.** Ví dụ các ca học thực hành của các lớp 300 bị chồng chéo được điều chỉnh lại, chạy thử nghiệm 2 (Fall 2015, MWF)

Tiết học	CEE 330L1-3	CEE 370L1-3	CEE 375L1-2	CEE 375L3	<=	Ràng buộc
7:30-8:30 a.m.	x31+	x81+	x121+	x141	<=	1
8:30-9:30 a.m.	x32+	x82+	x122+	x142	<=	1
9:30-10:30 a.m.	x33+	x83+	x123+	x143	<=	1

**Bảng 13.** Các xung đột trước khi được điều chỉnh (Fall 2015)

Xung đột	Nguyên nhân	Các lớp ảnh hưởng
1	Các lớp có thể bị xếp trùng tiết học	320, 355
2		320L1, 355 L1
3		320L2, 355L2
4		370, 330L1
5		370, 330L2
6		370, 330L3
7		370L2, 375L2
8		370L1, 375L1
9		461, 472
10		474, 491
11		653, 681
12		677, 687

**Bảng 14.** Các xung đột còn sau khi được điều chỉnh (Fall 2015)(kết quả cuối cùng)

Xung đột	Nguyên nhân	Các lớp ảnh hưởng
1	Các lớp có thể bị xếp trùng tiết học	330, 375L2
2		330, 375L1
3		370, 375L1
4		370, 375L2

lệ cải thiện trung bình giữa lịch do mô hình xếp và lịch học ban đầu là 83.46

### E. Phân phối Student

Phân phối Student được sử dụng để xác định độ quan trọng của kết quả. Các kiểm tra student được chọn vì nó rất mạnh trong so sánh, kể cả có những sai lệch so với mức chuẩn. Vì vậy, phân phối student tốt hơn các phân phối khác và nó dễ dàng áp dụng khi 1 kiểm tra đơn lẻ được chọn.

Các ký hiệu  $n_1$ ,  $n_2$  đại diện cho kích cỡ mẫu của lịch học ban đầu và lịch học sau khi sử dụng mô hình. Cho nguyên cứu này, dữ liệu từ 8 kì được sử dụng, vì vậy,  $n_1$  và  $n_2$  đều bằng 8. Độ tự do sẽ là  $n_1 + n_2 - 2 = 14$ . Các giá trị  $\bar{x}_1$ ,  $\bar{x}_2$  đại diện cho giá trị trung bình của các xung đột của lịch học ban đầu và lịch học được mô hình sắp xếp. Các giá trị  $s_1$ ,  $s_2$  đại diện cho phương sai của nhóm lịch học ban đầu và lịch học được mô hình sắp xếp. Bảng 19 là ví dụ về các giá trị trong phân phối student của bài toán này.

### F. Kiểm định giả thuyết

Giả thuyết trong nguyên cứu này là liệu rằng số lượng xung đột trong lịch học được mô hình xếp ( $x_1$ ) có tốt hơn là lịch học ban đầu ( $x_2$ ) không.

Đặt giả thuyết  $H_0: x_1 = x_2(1)$  và  $A: x_1 > x_2(2)$

**Bảng 15.** Điều chỉnh tiết học cho các lớp từ Hình 2 (lịch ban đầu) thành Hình 5 (kết quả cuối cùng) (Fall 2015)

Môn học	Di chuyển tiết học	$\Delta$ (giờ)	Thay đổi ngày
Thứ 2-4-6			
320L1	sớm hơn	0.5	không
320L2	sớm hơn	0.5	
320L2	muộn hơn	1.5	
330	sớm hơn	1	
361	muộn hơn	2	
370	sớm hơn	3	
375	muộn hơn	1	
375L1	sớm hơn	5	
375L2	sớm hơn	5	
381	sớm hơn	4	
444	muộn hơn	3	
455	sớm hơn	0.5	
474	sớm hơn	1	
485	sớm hơn	3	
485L	muộn hơn	2	
489C	sớm hơn	2	
491	sớm hơn	3	
677	muộn hơn	1	
681	sớm hơn	2	
687	sớm hơn	1.5	
Thứ 3-5			
270	muộn hơn	1	không
270	sớm hơn	0.5	
305	sớm hơn	1.5	
355	muộn hơn	6	
355L1	muộn hơn	1.5	
355L2	muộn hơn	1.5	
431	muộn hơn	0.5	
461	muộn hơn	1.5	
472	sớm hơn	0.5	
491	muộn hơn	0.5	
601	muộn hơn	3.5	
633	sớm hơn	3	
664	sớm hơn	1.5	
691	sớm hơn	4	

Từ các giá trị t-value trong Bảng 20, giới hạn tin cậy (confidence limit) cũng được tính toán. Bảng 20 cung cấp các giới hạn tin cậy của các lớp thứ 2-4-6, thứ 3-5, các lớp sinh viên đại học, sinh viên cao học và tất cả các lớp trong Khoa Kỹ thuật xây dựng. Tất cả các lịch học của lớp sinh viên đại học cải thiện với mức tin cậy ít nhất là 95.14% và cao nhất 99.84%. Đối với các lớp sinh viên cao học, giới hạn tin cậy này đạt 99.80%.

## XVI. TỔNG KẾT

Mục tiêu của nghiên cứu này là cung cấp nhiều lớp học nhất có thể để sinh viên có thể chọn học trong một học kỳ nhằm hỗ trợ sinh viên tốt nghiệp sớm hơn. Nghiên cứu này xây dựng một mô hình sắp xếp lịch học cho một khoa cụ thể ở trường Đại học để giúp xây dựng lịch học tối ưu nhất cho một học kỳ.

Dữ liệu từ 8 học kỳ được phân tích bằng phương pháp mà chúng tôi đề xuất. Lịch học ban đầu cho mỗi học kỳ được lấy từ web của CEE hay trực tiếp từ Trưởng Khoa. Giá trị đầu vào và hàm mục tiêu được tạo ra từ lịch học ban đầu, bởi vì các lịch học có bị phụ thuộc vào ưu tiên của các giảng viên (các tiết học sáng và chiều). Có 7 ràng buộc được áp dụng cho giá trị đầu vào để có thể tạo ra lịch học tối ưu nhất. Mô hình trực quan cho kết quả của chương trình quy hoạch tuyến tính để

**Bảng 16.** Phân tích việc điều chỉnh xếp lịch cho các lớp học cho sinh viên Đại học

Số lượng xung đột: Lớp cho sinh viên Đại học									
Học kỳ	Ban đầu			Sau khi điều chỉnh			Tỷ lệ sau điều chỉnh / ban đầu (%)		
	Thứ 2-4, 2-4-6	Thứ 3-5	Tổng cộng	Thứ 2-4, 2-4-6	Thứ 3-5	Tổng cộng	Thứ 2-4, 2-4-6	Thứ 3-5	Tổng cộng
Thu 2009	6	5	11	0	0	0	100.00	100.00	100.00
Xuân 2010	2	6	8	0	3	3	100.00	50.00	62.50
Thu 2010	2	0	2	0	0	0	100.00	100.00	100.00
Xuân 2011	3	8	11	0	4	4	100.00	50.00	63.64
Thu 2011	1	1	2	0	0	0	100.00	100.00	100.00
Xuân 2012	2	5	7	0	2	2	100.00	60.00	71.43
Thu 2015	6	4	10	4	0	4	33.33	100.00	60.00
Xuân 2016	6	1	7	0	0	0	100.00	100.00	100.00
Trung bình	3.50	3.75	7.25	0.50	1.13	1.63	85.71	68.87	82.20

**Bảng 17.** Phân tích việc điều chỉnh xếp lịch cho các lớp học cho sinh viên sau Đại học

Số lượng xung đột: Lớp cho sinh viên sau Đại học									
Học kỳ	Ban đầu			Sau khi điều chỉnh			Tỷ lệ sau điều chỉnh / ban đầu (%)		
	Thứ 2-4, 2-4-6	Thứ 3-5	Tổng cộng	Thứ 2-4, 2-4-6	Thứ 3-5	Tổng cộng	Thứ 2-4, 2-4-6	Thứ 3-5	Tổng cộng
Thu 2009	3	8	11	0	1	1	100.00	92.31	95.45
Xuân 2010	9	9	18	2	3	5	77.78	66.67	72.22
Thu 2010	5	9	14	0	2	2	100.00	77.78	85.71
Xuân 2011	6	8	14	1	4	5	83.33	50.00	64.29
Thu 2011	2	6	8	0	0	0	100.00	100.00	100.00
Xuân 2012	4	8	12	0	2	2	100.00	75.00	83.33
Thu 2015	2	0	2	0	0	0	100.00	100.00	100.00
Xuân 2016	1	1	2	0	0	0	100.00	100.00	100.00
Trung bình	4.00	6.13	10.13	0.38	1.50	1.88	90.50	75.53	81.44

**Bảng 18.** Phân tích việc điều chỉnh xếp lịch cho toàn bộ lớp học

Số lượng xung đột: Tất cả các lớp học									
Học kỳ	Ban đầu			Sau khi điều chỉnh			Tỷ lệ sau điều chỉnh / ban đầu (%)		
	Thứ 2-4, 2-4-6	Thứ 3-5	Tổng cộng	Thứ 2-4, 2-4-6	Thứ 3-5	Tổng cộng	Thứ 2-4, 2-4-6	Thứ 3-5	Tổng cộng
Thu 2009	9	13	22	0	1	1	100.00	92.31	95.45
Xuân 2010	9	9	18	2	3	5	77.78	66.67	72.22
Thu 2010	5	9	14	0	2	2	100.00	77.78	85.71
Xuân 2011	6	8	14	1	4	5	83.33	50.00	64.29
Thu 2011	2	6	8	0	0	0	100.00	100.00	100.00
Xuân 2012	4	8	12	0	2	2	100.00	75.00	83.33
Thu 2015	9	3	12	4	0	4	55.56	100.00	66.67
Xuân 2016	7	2	9	0	0	0	100.00	100.00	100.00
Trung bình	6	7.25	13.63	0.88	1.50	2.38	89.58	79.31	83.46

**Bảng 19.** Phân phối Student cho các lớp học cho sinh viên Đại học (Thứ 2-4, 2-4-6)

Biến	Giá trị
$n_1$	8
$n_2$	8
Bậc tự do	14
$\bar{x}_1$	3.50
$\bar{x}_2$	0.50
$s_1^2$	4.57
$s_2^2$	2
$t_{stat}$	3.30

**Bảng 20.** Giới hạn độ tin cậy

Nhóm phân loại	t value	Giới hạn độ tin cậy (%)
Lớp cho sinh viên Đại học (2-4-6)	3.30	99.47
Lớp cho sinh viên Đại học (3-5)	2.16	95.14
Lớp cho sinh viên Đại học	3.90	99.84
Lớp cho sinh viên sau Đại học (2-4-6)	3.77	99.79
Lớp cho sinh viên sau Đại học (3-5)	3.56	99.69
Lớp cho sinh viên sau Đại học	3.80	99.80
Tất cả các lớp kỹ thuật (2-4-6)	5.26	99.99
Tất cả các lớp kỹ thuật (3-5)	4.23	99.92
Tất cả các lớp kỹ thuật	6.18	100

tim ra các xung đột trong lịch học được tạo ra. Mô hình hồi quy tuyến tính sẽ được áp dụng nhiều lần đến khi tìm ra được lịch học tối ưu nhất có thể.

Kết quả của nghiên cứu này cho thấy phương pháp xếp lịch truyền thống tạo ra trung bình 13.63 xung đột cho mỗi học kỳ.

Với phương pháp mà chúng tôi đề xuất thì con số này giảm xuống còn 2.38. Lịch học hoàn thiện cuối cùng cho kết quả trung bình tốt hơn lịch học ban đầu 83.46%. Đây là kết quả ấn tượng cho độ tin cậy tối thiểu 95.14%, nhưng kết quả cho thấy độ tin cậy trên 99%. Do đó, hệ thống triển khai việc xếp lịch của chúng tôi đã đạt được kết quả với sự hiệu quả cao.

Vì vậy, quy trình này là hoàn toàn đạt chuẩn.

## XVII. THẢO LUẬN

Trong nghiên cứu này một số xung đột trong lịch học không quá quan trọng và có thể giải quyết nhanh chóng. Điều này dẫn đến một số ý kiến cho rằng việc sắp xếp lịch học hiệu quả như vậy hoàn toàn có thể thực hiện bằng tay, điều này là đúng tuy nhiên sẽ tiêu tốn một lượng thời gian đáng kể. Hệ thống đề xuất cung cấp giải pháp tối ưu nhất với thời gian thực hiện nhanh, đảm bảo tính khoa học trong việc thực hiện, đảm bảo với Trường Khoa rằng giải pháp đưa ra là đúng, và đạt được lợi ích tối đa cho cả sinh viên trong Khoa và Trường Đại học.

Sau khi phân tích các xung đột trong mỗi học kỳ, xung đột chủ yếu là việc các ca học thực hành có chồng chéo với các ca học khác hay các lớp lý thuyết hay không. Một giải pháp được đề xuất là các ca thực hành sẽ được được tổng hợp lại thành một biển hay sẽ giảm đi số ca học trong một học kỳ, để giảm thiểu số lượng xung đột có thể xảy ra. Với lịch học mùa xuân 2016, phần lớn các xung đột đã được giải quyết bằng cách thay đổi ngày học của các lớp lý thuyết hay các ca học thực hành. Nếu đảm bảo được sự cân bằng giữa các lớp thứ 2-4-6 và 3-5 thì cũng sẽ giảm được những xung đột.

## XVIII. KẾT LUẬN

Thông qua phân tích cả tám kì học, xung đột giữa lịch học ban đầu và lịch học mô hình sắp xếp đã cải thiện ít nhất 62.5% và cao nhất là 100%. Điều đó chỉ ra rằng các phương pháp xếp lịch hiện tại cần cải tiến nhiều vì các phương pháp cũ này tạo ra lịch không thực sự tối ưu. Từ các kiểm tra student, các cải tiến của lịch học do mô hình tạo ra là quan trọng và có độ tin cậy là 95.14%.

Mặc dù lịch học do mô hình sắp xếp này chưa hoàn hảo, nhưng nó chắc chắn tốt hơn lịch học ban đầu. Việc giảm xung đột trong lịch học của tất cả các kì học giúp cho sinh viên rất nhiều trong ra trường đúng hạn và cho sinh viên sự linh động hơn trong lịch học của họ.

## PHỤ LỤC

Một số ví dụ thêm cho những ràng buộc phục vụ việc chạy mô hình quy hoạch tuyến tính

**Bảng 21.** Ví dụ của ràng buộc giảng viên không thể dạy 2 lớp cùng lúc (giảng viên M ở lớp CEE381 và CEE677) (từ Fall 2015, MWF)

Tiết học	CEE381	CEE677	<=	Ràng buộc
7:30-8:20 a.m	x151+	y21	<=	1
8:30-9:20 a.m	x152+	y22	<=	1
9:30 - 10:20 a.m	x153+	y23	<=	1
10:30-11:20 a.m	x154+	y24	<=	1
11:30 a.m-12:20 p.m	x155+	y25	<=	1
12:30-1:20 p.m	x156+	y26	<=	1
1:30-2:20 p.m	x157+	y27	<=	1
2:30-3:20 p.m	x158+	y28	<=	1
3:30-4:20 p.m	x159+	y29	<=	1
4:30-5:20 p.m	x1510+	y210	<=	1

**Bảng 22.** Ví dụ của ràng buộc giảng viên không thể dạy 2 lớp cùng lúc (giảng viên R ở lớp CEE473 và CEE474) (từ Fall 2015, MWF)

Tiết học	CEE473	CEE474	<=	Ràng buộc
7:30-8:20 a.m	x181+	x191	<=	1
8:30-9:20 a.m	x182+	x192	<=	1
9:30 - 10:20 a.m	x183+	x193	<=	1
10:30-11:20 a.m	x184+	x194	<=	1
11:30 a.m-12:20 p.m	x185+	x195	<=	1
12:30-1:20 p.m	x186+	x196	<=	1
1:30-2:20 p.m	x187+	x197	<=	1
2:30-3:20 p.m	x188+	x198	<=	1
3:30-4:20 p.m	x189+	x199	<=	1
4:30-5:20 p.m	x1810+	x1910	<=	1

**Bảng 23.** Ví dụ của ràng buộc giảng viên không thể dạy 2 lớp cùng lúc (giảng viên N ở lớp CEE489B và CEE489C) (từ Fall 2015, MWF)

Tiết học	CEE489B	CEE489C	<=	Ràng buộc
7:30-8:20 a.m	x211+	x221	<=	1
8:30-9:20 a.m	x212+	x222	<=	1
9:30 - 10:20 a.m	x213+	x223	<=	1
10:30-11:20 a.m	x214+	x224	<=	1
11:30 a.m-12:20 p.m	x215+	x225	<=	1
12:30-1:20 p.m	x216+	x226	<=	1
1:30-2:20 p.m	x217+	x227	<=	1
2:30-3:20 p.m	x218+	x228	<=	1
3:30-4:20 p.m	x219+	x229	<=	1
4:30-5:20 p.m	x2110+	x2210	<=	1

**Bảng 24.** Ví dụ của ràng buộc giảng viên cần thời gian nghỉ giữa 2 lớp (giảng viên M ở lớp CEE381 và CEE677) (từ Fall 2015, MWF)

Tiết học	CEE381	Break	CEE677	Break	<=	Ràng buộc
7:30-8:20 a.m	x151+	x152+	y21+	y22	<=	1
8:30-9:20 a.m	x152+	x153+	y22+	y23	<=	1
9:30 - 10:20 a.m	x153+	x154+	y23+	y24	<=	1
10:30-11:20 a.m	x154+	x155+	y24+	y25	<=	1
11:30 a.m-12:20 p.m	x155+	x156+	y25+	y26	<=	1
12:30-1:20 p.m	x156+	x157+	y26+	y27	<=	1
1:30-2:20 p.m	x157+	x158+	y27+	y28	<=	1
2:30-3:20 p.m	x158+	x159+	y28+	y29	<=	1
3:30-4:20 p.m	x159+	x1510+	y29+	y210	<=	1

**Bảng 25.** Ví dụ của ràng buộc giảng viên cần thời gian nghỉ giữa 2 lớp (giảng viên R ở lớp CEE473 và CEE474) (từ Fall 2015, MWF)

Tiết học	CEE473	Break	CEE474	Break	<=	Ràng buộc
7:30-8:20 a.m	x181+	x182+	x191+	x192	<=	1
8:30-9:20 a.m	x182+	x183+	x192+	x193	<=	1
9:30 - 10:20 a.m	x183+	x184+	x193+	x194	<=	1
10:30-11:20 a.m	x184+	x185+	x194+	x195	<=	1
11:30 a.m-12:20 p.m	x185+	x186+	x195+	x196	<=	1
12:30-1:20 p.m	x186+	x187+	x196+	x197	<=	1
1:30-2:20 p.m	x187+	x188+	x197+	x198	<=	1
2:30-3:20 p.m	x188+	x189+	x198+	x199	<=	1
3:30-4:20 p.m	x189+	x1810+	x199+	x1910	<=	1

**Bảng 26.** Ví dụ của ràng buộc giảng viên cần thời gian nghỉ giữa 2 lớp (giảng viên N ở lớp CEE489B và CEE489C) (từ Fall 2015, MWF)

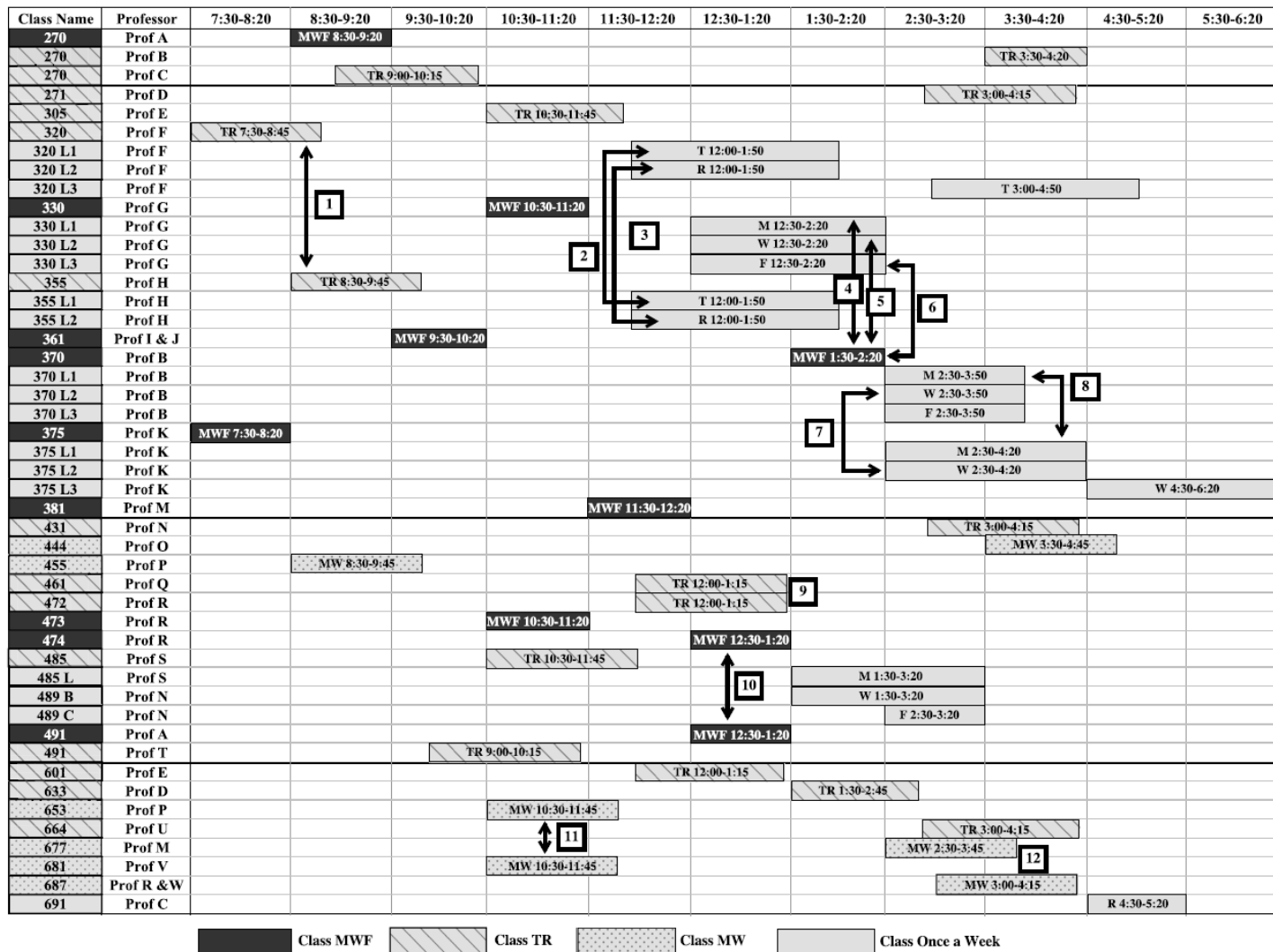
Tiết học	CEE489B	Break	CEE489C	Break	<=	Ràng buộc
7:30-8:20 a.m	x211+	x212+	x221+	x222	<=	1
8:30-9:20 a.m	x212+	x213+	x222+	x223	<=	1
9:30 - 10:20 a.m	x213+	x214+	x223+	x224	<=	1
10:30-11:20 a.m	x214+	x215+	x224+	x225	<=	1
11:30 a.m-12:20 p.m	x215+	x216+	x225+	x226	<=	1
12:30-1:20 p.m	x216+	x217+	x226+	x227	<=	1
1:30-2:20 p.m	x217+	x218+	x227+	x228	<=	1
2:30-3:20 p.m	x218+	x219+	x228+	x229	<=	1
3:30-4:20 p.m	x219+	x2110+	x229+	x2210	<=	1

**Bảng 27.** Ví dụ của ràng buộc giảng viên cần thời gian nghỉ giữa 2 lớp (giảng viên M ở lớp CEE381 và CEE677) (từ Fall 2015, MWF)

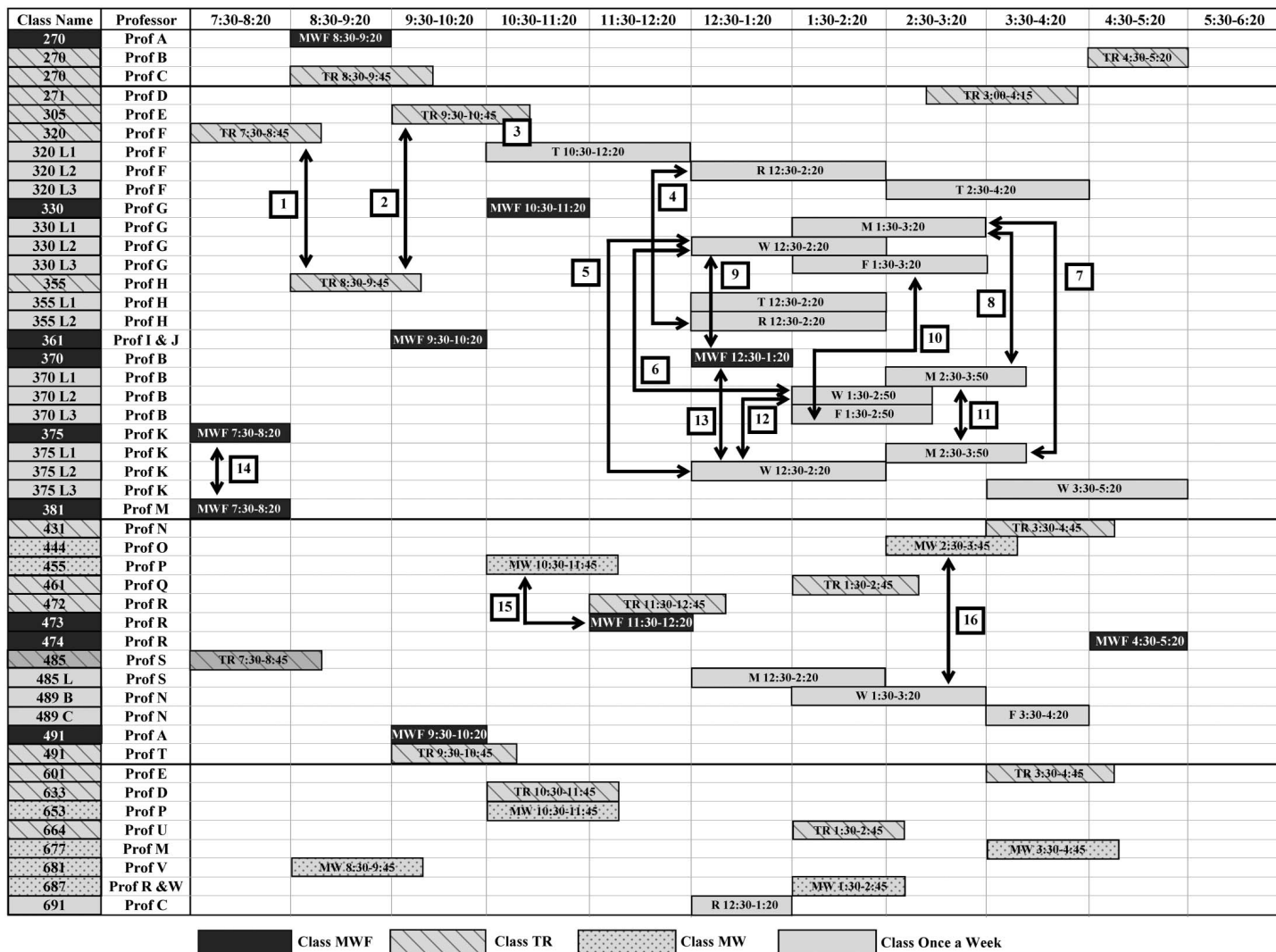
Tiết học	CEE381	Break	CEE677	Break	<=	Ràng buộc
7:30-8:20 a.m	x151+	x152+	y21+	y22	<=	1
8:30-9:20 a.m	x152+	x153+	y22+	y23	<=	1
9:30 - 10:20 a.m	x153+	x154+	y23+	y24	<=	1
10:30-11:20 a.m	x154+	x155+	y24+	y25	<=	1
11:30 a.m-12:20 p.m	x155+	x156+	y25+	y26	<=	1
12:30-1:20 p.m	x156+	x157+	y26+	y27	<=	1
1:30-2:20 p.m	x157+	x158+	y27+	y28	<=	1
2:30-3:20 p.m	x158+	x159+	y28+	y29	<=	1
3:30-4:20 p.m	x159+	x1510+	y29+	y210	<=	1

**Bảng 28.** Ví dụ của ràng buộc giảng viên cần thời gian nghỉ giữa 2 lớp (giảng viên R ở lớp CEE473 và CEE474) (từ Fall 2015, MWF)

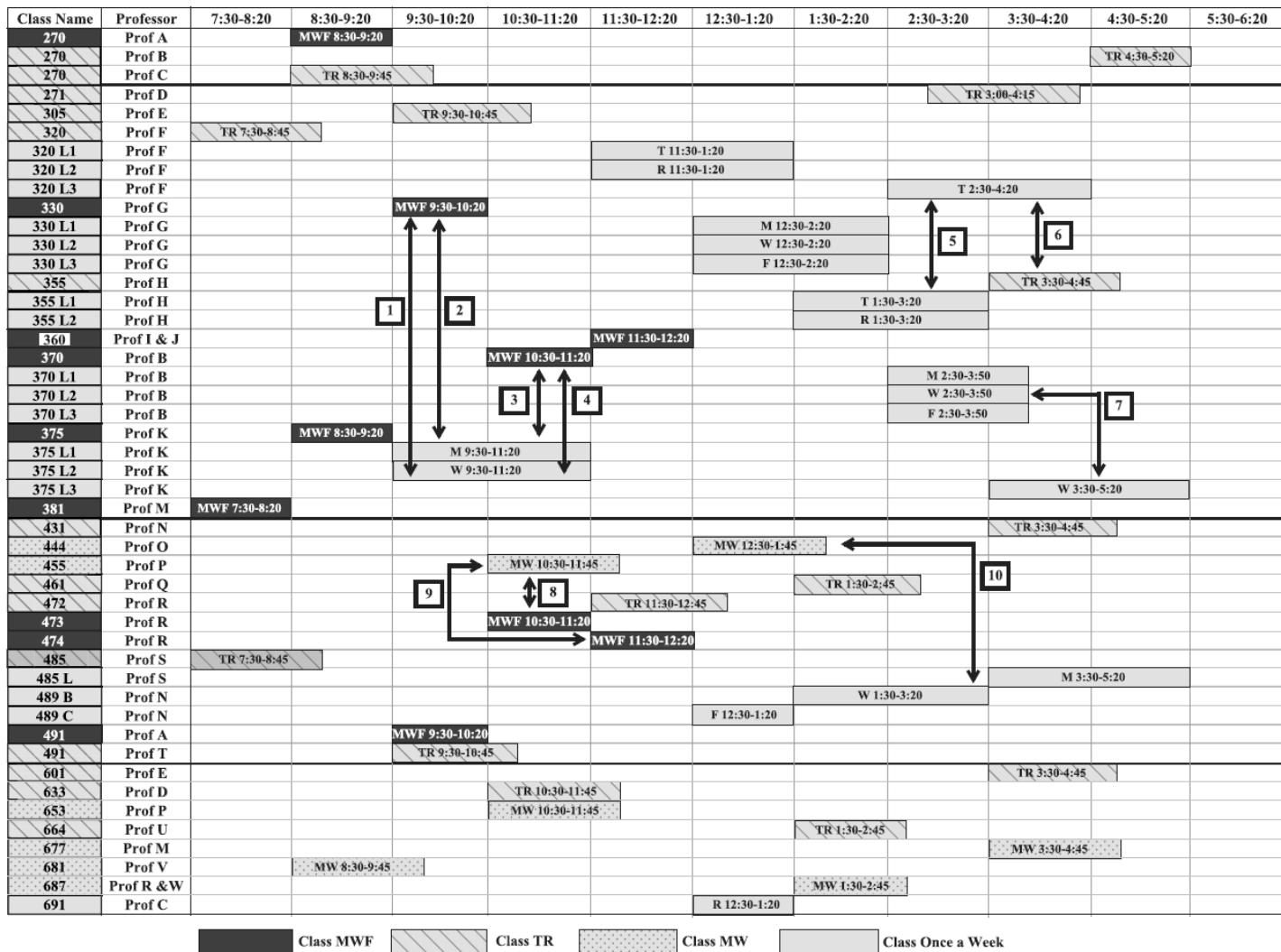
Tiết học	CEE473	Break	CEE474	Break	<=	Ràng buộc
7:30-8:20 a.m	x181+	x182+	x191+	x192	<=	1
8:30-9:20 a.m	x182+	x183+	x192+	x193	<=	1
9:30 - 10:20 a.m	x183+	x184+	x193+	x194	<=	1
10:30-11:20 a.m	x184+	x185+	x194+	x195	<=	1
11:30 a.m-12:20 p.m	x185+	x186+	x195+	x196	<=	1
12:30-1:20 p.m	x186+	x187+	x196+	x197	<=	1
1:30-2:20 p.m	x187+	x188+	x197+	x198	<=	1
2:30-3:20 p.m	x188+	x189+	x198+	x199	<=	1
3:30-4:20 p.m	x189+	x1810+	x199+	x1910	<=	1



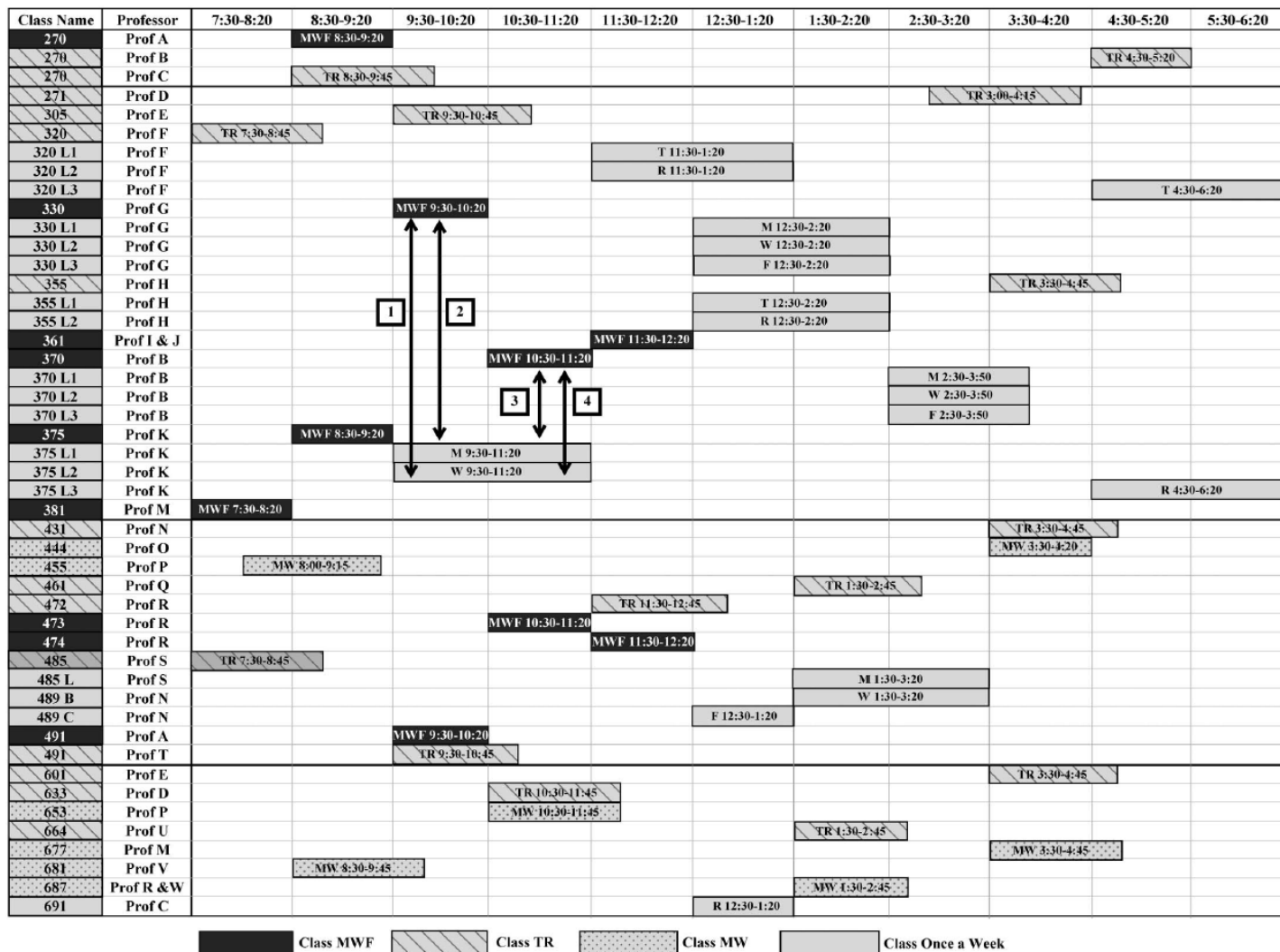
Hình 2: Lịch học ban đầu được xây dựng bằng phương pháp truyền thống.



Hình 3: Lịch học sau khi chạy thực nghiệm LINGO1.



Hình 4: Lịch học sau khi chạy thực nghiệm LINGO2.



Hình 5: Lịch học hoàn thiện xây dựng bằng phương pháp đề xuất.