روشی ابتکاری بر پایه منطق محدودیتها
جهت تنظیم برنامه هفتگی

مهدی ترک نژاد
مسئول هسته فناوری اطلاعات ثانیه
وابسته به شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان
Mahdy_torknegad@yahoo.com

واژه‌های کلیدی

زمانبندی اتوماتیک ، تنظیم برنامه ، برنامه هفتگی دانشگاهها ، دانشگاه ، منطق محدودیتها ،
Constraint Logic Programming،Educational Timetabling،Automated Timetabling

چکیده

یکی از مسائل مهم آموزشی در دانشگاهها ، معضل تنظیم برنامه هفتگی است ۰این موضوع نمونه ای از مسئله عمومی زمان بندی می باشد که به شکل های گوناگون ومطابق با محیط های مختلف تعریف می شود۰تنظیم برنامه هفتگی یک واحد آموزشی عبارتست از زمانبندی دروس یا جلسات مختلف،کلاس،استاد در جدول زمانی ترم تحصیلی با توجه به اینکه گروههای مختلف دانشجویان از استادان و کلاسها و امکانات مشترک استفاده می کنند۰

در این مقاله ابتدا با سابقه تحقیقاتی مسئله ارائه شده و بعد از آن به توصیف روش ابداعی حل مسئله پرداخته در قسمت بعدی در مورد کارایی این روش توضیحاتی خواهیم داد و در نهایت نحوه پیاده سازی بخشهای مهم الگوریتم در بانکهای اطلاعاتی رابطه ای به طور مختصر می پردازیم .

این روش در مسائلی با محدودیتهای بسیار و شروط سخت غیر قابل انعطاف که ساخت نمونه اولیه زمانبندی را بسیار مشکل می کند کاربرد دارد و در زمینه بهبود برنامه اولیه ساخته شده باید از روشهای دیگری استفاده نمود گرچه این الگوریتم به نحوی طراحی شده است که به سمت طراحی یک برنامه بهینه نیز حرکت کند ، اما این مورد از اهداف فرعی بوده و هدف اصلی این روش که روال انتخابها را تایین می کند ؛ طراحی یک برنامه هفتگی بدون تداخل و ممکن است .

نکته قابل توجه این روش قابلیت پیاده سازی آن تحت بانکهای اطلاعاتی رابطه ای است و محقق به کمک این روش توانسته است با عنوان پرژه پایانی خود اقدام به تنظیم برنامه هفتگی گروه مدیریت دانشگاه اصفهان بنماید .

مقدمه

این روش زمانبندی به واسطه ورود کامپیوتر به عرصه تحقیق در عملیات به وجود آمده است و این رشته را دچار تحولات شگرف نموده است کامپیوترهای که هر روز به قدرت وسرعت آنها اضافه می شود به طوریکه مسائلی که قبلاً مدتها برای حل آن زمان صرف می شد در حال حاضر با روشهای جستجوی جدید مورد بحث در هوش مصنوعی به راحتی حل می شوند

مساله کلاسیک زمان بندی ،توسط مجوعه ای از فعالیتها و مجموعه ای از منابع که به آنها تخصیص داده می شوند،تعریف می گردد .همچنین به فعالیتها باید زمان نیز تخصیص یابد (در غیر این صورت مساله تخصیص منابع را خواهیم داشت). تنظیم برنامه زمانی حالت خاصی از مساله عمومی زمان بندی است که در آن کمی در مورد زمان ساده سازی شده است .در این مساله ،وقتها برای تمام منابع به طور یکنواخت تعریف می شوند بنحوی که فعالیتها به این اوقات (بجای یک زمان خاص)تخصیص می یابد.

در این روش از مبانی جستجوی حریصانه استفاده شده که با تغییراتی که در الگوریتم داده شده است و همچنین با تلفیق و ترکیب آن با روشهای دیگر از قبیل شگردههای مسئله های ارضای محدودیت (یا CSP[1]) در هوش مصنوعی و استفاده از روشهای تقسیم و حل برای مسائل بزرگ ، به یک روش جستجوی ابتکاری در زمینه تنظیم برنامه هفتگی مراکز آموزشی تبدیل شده است .

سابقه تحقیق

در سالهای اخیر بیشتر محققین بدنبال روشهای تکاملی و هوشمندانه برای حل مسئله بوده اند.برک و همکاران در سال ۱۹۹۶ [1]در روش ژنتیکی خود برای برنامه امتحانات ، جمعیت اولیه را با انتخاب ترتیب تصادفی از دروس و تعیین بهترین وقت امتحانات آن بدون تلاقی ،ایجاد کردند. در پیشرفت روش امکان پذیری (یعنی عدم تلاقی دروس)را حفظ نموده اند و عملگردها تقاطع و جهش را نیز با روشی ابداعی تنظیم کرده اند که امکان پذیری جمعیت حفظ شود.پایه روش ابداعی نیز انتخاب تصادفی درس–زمان بندی جدید برای آن بنحوی که ضمن امکان پذیری ،طول مدت برنامه کمتر شود.بوده است . بلام و همکاران الگوریتم ژنیتیکی دیگری ارائه داده است که در آن فضای قواعد ابتکاری که در ساخت قدم به قدم برنامه هفتگی قابل کاربرد است ،جستجو می شود [2]. روش تکاملی که از جستجوی محلی برای بهبود جواب استفاده می کند روش memetic نامیده می شود.برای کاربرد این روش می توان یک جمعیت اولیه از جوابهای کاندید به صورت تصادفی ساخته و همه توسط جستجوی محلی بهبود یابند.آنگاه در هر تکرار با انتخاب رقابتی یک جفت والد انتخاب و با اعمال عملگر تقاطع یکنواخت روی نمایش مستقیم جواب و عملگر ،جهش یک جواب جدید ایجاد می شود. هر تخصیص وقت به دروس با توزیع یکنواخت از طریق یکی از والدین کپی می شود.جهش نیز فقط یک حرکت تصادفی به همسایگی با جستجوی محلی می باشد.سپس جواب جدید جاگزین بدترین جواب فعلی می شود [3].

برنامه ریزی با استفاده از منطق محدودیتها[2] روش دیگری است که برای حل مسائل مشکل با تعداد زیادی محدودیتهای پیچیده بکار می رود [4].مزیت آن اینست که توصیفی از مساله و محدود یتهای آن ارائه می دهد که طبیعت آشکار می سازد و فضای جواب را به کمک شیوه های اعمال محدودیتهای می کاهد.که مبانی روش ما در این مقاله بر اساس همین روش می باشد.

واژگان مهم مقاله

در این قسمت در مورد واژگان مهم در این مقاله توضیحاتی داده شده است

فضای حالت (حالت) :

فرض کنید سه جایگاه داریم و در جایگاه اول ۳ توپ رنگی(قرمز ،زرد ، آبی) در دومی ۲ توپ رنگی(صورتی ، سبز) و در سومی ۵ توپ رنگی (سیاه ، سفید ، خاکستری ، بنفش ، نقره ای) قرار دهیم فضای حالت ترکیبی آنها ۳۰ (۳*۲*۵) عضو مختلف می شود هر عضو شامل سه متغیر می شود به عنوان مثال(قرمز ، صورتی ، سیاه) یا (زرد ، صورتی ، سفید)

فضای اجزاء(Tp):

مسئله فوق را در نظر بگیرید ، ما می توانیم به این صورت نیز فضایمان را تعریف کنیم (اولی قرمز ، اولی زرد ، اولی آبی ، دومی صورتی

---

[1] - Constraint satisfication problems

[2] – Constraint Logic Programming

، دومی سبز ، سومی سیاه ، سومی سفید ، سومی خاکستری ، سومی بنفش ، سومی نقره ای) که در این روش فضای ۱۰ (۳+۲+۵) جزء می شود.

نکته: علت تاکید به جدا سازی این دو مدل ، استفاده هر دو نوع آن در این مقاله و تفاوتهای فاحش آنها می باشد .

متغیرهای P^{1} ، S^{2} ، L^{3} ، ، C^{4} ، Ca^{5} :

P معرف استاد S معرف گروه دانشجویی و L معرف درس Co معرف واحد درسی C معرف کلاس و Z معرف تعداد دانشجویان عضو گروه دانشجویی می باشد.

متغیر T^{6} :

T معرف زمان بوده و به صورت عددی دو رقمی که عدد اول نشان دهنده روز و عدد دوم نشان دهنده ساعت می باشد که به ساعتی خاص در هفته اشاره می کند به عنوان مثال کد ۱A۱ یعنی شنبه ساعت ۹-۸ صبح یا کد ۲A۲ یعنی یکشنبه ساعت ۱۰-۹ صبح می باشد.

جزء (p^{7}) :

هر جزء نشان دهنده یک سری متغیر که نشان می دهد کدام گروه دانشجویی توسط کدام استاد چه درسی را آموزش می بیند و این آموزش در چه زمانی رخ می دهد پس هر جزء ترکیبی از (P=S*P*L*T) برای توضیح بیشتر در صورتی که ما این مبحث را با مباحث ژنتیک مقایسه کنیم خواهیم دید که اجزاء همان ژنها و جمع آنها یک رشته که در اینجا برنامه هفتگی است ، خواهد بود.

جزء فعال (Se^{8})

در صورتی که از فضای اجزاء ، جزئی را انتخاب کرده و در برنامه هفتگی قرار دهیم آن جزء را جزء فعال می نامیم . این موضوع از این لحاظ اهمیت دارد که باید در انتخابهای بعدی به انتخابهای قبلی یا همان اجزاء فعال شده توجه کنیم

امتیاز انسانی(HSc^{9}) :

این امتیاز به هر جزء داده می شود به طوریکه ناشی از نظرات اساتید و دانشجویان در مورد آن جزء است به عنوان مثال در مورد ساعت تشکیل کلاس که آیا مطلوب است یا خیر این امتیاز به الگوریتم کمک می کند تا به سمت بهینه بودن حرکت کند

امتیاز سیستمی(SSc^{10}) :

این امتیاز نیز به هر جزء داده شده و نشان دهنده اهمیت آن جزء با توجه به محدودیتها و انتخاب اجزاء قبلی است به عنوان مثال اگر درس مورد تدریس در آن جزء در سایر اجزاء نباشد باید حتماً انتخاب گردد به همین جهت بعد از شناسای آن باید امتیاز بالای به آن داده شود

امتیاز کل (TSc^{11})

این امتیاز حاصل ورودیهای HSc و SSc بوده و به هر جزء نسبت داده می شود .

1- Professor

2- Students

3- Lessen

4- Class

5- Capacity

6- Time

7- Part

8- Selected

9- Human Score

10- System Score

11- Total Score

شروط قابل انعطاف(Soft Constraint)

این شروط ، شروطی هستند که در صورت اعمال بهینگی برنامه بیشتر می شود به عنوان مثال حداکثر ساعات تدریسی یک استاد در روز بیشتر از ۴ ساعت نشود

شروط غیر قابل انعطاف و سخت(Hard Constraint)

این شروط ، شرطهای هستند که در صورت اجرا نشدن برنامه غیر قابل اجرا خواهد بود ؛ به عنوان مثال تنظیم دو جلسه تدریس در یک ساعت برای یک استاد

نحوه ورود اطلاعات و سازماندهی آنها

جهت ورود اطلاعات باید دارای جداول زیر باشیم

۱)جداول اساتید ، گروههای دانشجویی ، دروس

۲)جداول زمانهای مورد نظر اساتید و گروههای دانشجویی

۳) جداول دروس مورد تدریس اساتید و دروس مورد نیاز گروههای دانشجویی

تعریف واحد زمانی

همانطور که گفته شد T معرف زمان بوده و به صورت عددی دو رقمی که عدد اول نشان دهنده روز و عدد دوم نشان دهنده ساعت می باشد که به ساعتی خاص در هفته اشاره می کند به عنوان مثال کد ۱A۱ یعنی شنبه ساعت ۹-۸ صبح یا کد ۲A۲ یعنی یکشنبه ساعت ۱۰-۹ صبح می باشد.

نکته : در این روش الزامی به تعریف ساعت به این گونه نیستم اما حتما باید یک **دوره زمانی** به عنوان مثال هفته ، ماه ، سال و یا ... و همچنین یک **واحد زمانی** که به کمک آن دوره زمانی تقسیم می شود مثل روز،یک ساعت، ربع ساعت ، ثانیه و ... را تعریف کنیم.

تعریف جداول پایه ای ورود اطلاعات

جدول اساتید (P) شامل کد و نام اساتید و سایر مشخصات

جدول گروههای دانشجویی (S) شامل کد و نام گروههای دانشجویی و سایر مشخصات

جدول دروس (L) شامل کد و نام دروس و سایر مشخصات

جدول کلاسها (C) شامل ظرفیت ، امکانات و تجهیزات و سایر مشخصات

تعریف جداول زمانی اساتید PT و گروههای دانشجویی ST

با توجه به این که هر استادی زمانهای را برای تدریس اعلام می کند با جمع آنها جدولی شامل زمانهای که اساتید می توانند و تدریس کنند و همچنین علاقمندی آنها به آن ساعت که عددی بین ۱ تا ۱۰۰ می باشد ، خواهیم داشت .

برای گروههای دانشجوی نیز مثل بالا بوده که البته با توجه به شبانه و روزانه بودن این گروهها و همچنین قرار دادن روز تعطیل برای هریک از آنها زمانهای آنها متفاوت می باشد و با جمع آنها جدولی شامل زمانهای که گروههای دانشجویی می توانند حاضر باشند و همچنین علاقمندی آنها به آن ساعت که عددی بین ۱ تا ۱۰۰ می باشد ، خواهیم داشت .

تعریف جداول درسی اساتید PL و گروههای دانشجویی SL

از آنجای که هر استادی دروس خاصی را برای تدریس اعلام می کند با جمع آنها جدولی شامل دروس و کد استادی که می توانند تدریس کنند و همچنین علاقمندی آنها به آن درس که عددی بین ۱ تا ۱۰۰ می باشد ، خواهیم داشت .

برای گروههای دانشجوی نیز مثل بالا بوده که البته با توجه به تفاوت سال تحصیلی و رشته های مختلف دروس این گروهها متفاوت می باشد که با جمع آنها جدولی شامل دروس مورد نیاز هر گروههای دانشجویی خواهیم داشت .

تعریف جداول(درس-زمان) اساتید PTL و گروههای دانشجویی STL

فرض کنید استاد کد ۲ علاقمند به زمانهای (2A9، 2A8،2A7،1A3،1A2) باشد مجموعه حالات PT برای این استاد به این صورت تعریف می شود(2A2A9،2A2A8،2A2A7،2A1A3،2A1A2) خواهد شد

حال فرض کنید همان استاد کد ۲ علاقمند و یا توانای تدریس دورسی با کدهای (۶،۷،۹،۱۲) را دارد مجموعه حالات PL برای این استاد به این صورت تعریف می شود(2A12،2A9،2A7،2A6) خواهد شد

حال با توجه به اینکه برای استاد کد۲ ،دو مجموعه PT و PL را داریم در صورتی که بخواهیم فضای حالت ترکیبی شامل دو متغیر درس–زمان را بدست آوریم باید (PT*PL) کرده که در مجموع ۲۰ (۴*۵) عضو ساخته شده به عنوان مثال 1A2A7 نشان دهنده این است که درس ۷ می تواند در زمان ۱۲ ارائه (عرضه) شود و یا 1A3A7 یعنی همان درس ۷ می تواند در زمان 1A3 نیز ارائه شود و همچنین 1A3A6 یعنی درس ۶ نیز می تواند در زمان 1A3 ارائه گردد و به همین گونه می توان این ۲۰ حالت را توضیح داد . برای تمام اساتید نیز همین روش را اعمال کرده و با جمع آنها فضای حالت جمعی آنها را بدست می آوریم .

نکته مهم: در این قسمت هر حالت مستقل از اینکه توسط چه استادی ارائه می گردد تعریف می شود و ممکن است به عنوان مثال از حالت 1A3A6 بیش از یک عدد داشته باشیم که نشان دهنده ارائه این درس توسط چندین استاد می باشد.شایان ذکر است PTL مستقل از کد استاد بوده و فقط نشاندهنده زمان ارائه دروس می باشد اگرچه کد استاد کنار هر PTL نگهداری می شود ولی با آن ترکیب نمی شود.

مجموعه درس–زمان گروههای دانشجویی (STL) نیز همانند PTL ساخته می شود با این تفاوت که درس–زمان مورد نیاز (تقاضا) مشخص می گردد

بدست آوردن فضای اجزاء اولیه

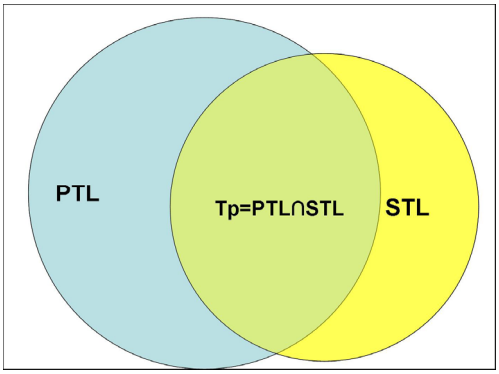
در صورتی که ما دو مجموعه PTL و STL را بررسی کنیم خواهیم دید ۳ دسته مجموع خواهیم داشت:

دسته اول مواردی هستند که اساتید علاقمند به تدریس دروس مورد نظر خود می باشند اما تقاضایی برای آن (درس زمان) وجود ندارد

دسته دوم مواردی هستند که گروههای دانشجویی آماده برای آموزش دروس مورد نظر خود می باشند اما عرضه ای برای آن (درس زمان) وجود ندارد

دسته سوم مواردی هستند که گروههای دانشجویی آماده برای آموزش دروس مورد نظر خود می باشند و اساتید نیز آماده عرضه آن (درس زمان) هستند که مجموعه این موارد فضای اجزاء ما را خواهند ساخت

فضای اجزاء اولیه(Tp) با توجه به PTL و STL



فضای اجزاء موجود

فضای اجزاء موجود همواره در حال تغییر است زیرا با هر انتخاب جزء با توجه به اینکه جزء انتخاب شده با تعدادی از اجزاء اولیه در تناقض است باعث تغییر فضای اولیه و کم شدن فاحش آن فضا خواهد شد به عنوان مثال در صورت انتخاب شدن یک جزء حداقل محدودیتهای ایجاد شده ، می تواند موارد زیر باشد که همان شروط سخت و غیر قابل انعطاف است

۱) کلیه اجزائی که درس (L) این جزء در آن قرار دارد حذف می شوند (یک درس فقط یک بار تدریس می شود)

۲) کلیه اجزائی که زمان تدریس این استاد (PT) با آنها یکی است حذف می شوند (به علت عدم تداخل زمانی استاد)

۳) کلیه اجزائی که زمان آموزش این گروه دانشجویی (ST) با آنها یکی است حذف می شوند (به علت عدم تداخل زمانی گروههای دانشجویی)

البته موارد محدودیتی دیگری از قبیل پر شدن ظرفیت کلاسها ، نبود تجهیزات ، عدم امکان تدریس دو ساعتی و تک ساعتی در یک روز نیز ممکن است به حذفیات اضافه کند که فعلاً به علت ساده شدن بحث از آن صرف نظر می کنیم

امتیاز دهی فضای اجزاء موجود

یکی از مهمترین مراحل این روش امتیاز دهی اجزاء می باشد که هر چه دقیقتر باشد انتخابهای که انجام می شود نیز دقیقتر خواهند بود و علاوه بر تسریع در به پایان رسیدن حل مسئله می تواند بهینگی نسبی را نیز تضمین کند همانطور که گفته شد امتیاز کل هر جزء ناشی از میانگین هندسی امتیاز انسانی و سیستمی می باشد .

علت استفاده از میانگین هندسی در کلیه محاسبات تغییر شدید آن نسبت به تک تک ورودیها می باشد یعنی در صورتی که یکی از ورودیها بسیار پایین بود میانگین هندسی بسیار افت می کند در حالیکه میانگین عددی به این صورت نبوده و افت کمی می کند . با توجه به اینکه کلیه پارمترهای ورودی برای ما اهمیت دارند و در صورت پایین بودن یکی از آنها از اهمیت آن جزء کاسته می شود .ما از میانگین هندسی استفاده می کنیم.

در قسمت ذیل در مورد امتیاز انسانی و سیستمی بحث می کنیم :

امتیاز انسانی

این امتیاز حاصل میانگین هندسی متغیرهای ورودیهای زیر بوده که همه در دامنه پیوسته ۱ تا ۱۰۰ می باشد که هرچه این عدد بیشتر شود نشاندهنده رضایت بیشتر می باشد

۱) امتیازی که استاد به زمان می دهد.
۲) امتیازی که استاد به درس می دهد.
۳) امتیازی که گروه دانشجویی به زمان می دهد.
۴) امتیازی که مدیر گروه به اساتید کاندید یک درس می دهد.

البته می توان ورودیهای دیگری را نیز متصور بود و یا بعضی از آنها را حذف کرد که با توجه به سیاستهای گروه و یا دانشگاه تایین می شوند.

شایان ذکر است وزن هر یک از این متغیرهای ورودی نیز با توجه به سیاستهای گروه و یا دانشگاه تایین می شود.

نکته : این امتیاز بر خلاف امتیاز سیستمی تا پایان برنامه ریزی ماهیتاً ثابت بوده وتغییری نمی کند به همین جهت هنگام ساخت فضای اجزاء اولیه به هر جزء نسبت داده شده و تا پایان برنامه ریزی نیازی به محاسبه دوباره آن نیست.

امتیاز سیستمی

امتیاز سیستمی با توجه به روال انتخبها و شرایط حاکم بر مسئله به ازاء هر جزء تغییر می کند به طوریکه بعد از هر انتخاب اجزاء باید دوباره بازنگری گردد . امتیاز سیستمی حاصل میانگین هندسی سه دسته متغیر ورودی بوده که برای هر دسته توضیحاتی در قسمت ذیل ارائه شده است

متغیرهای اساسی

این دسته از متغیرها جهت حرکت برنامه به سمت هدف اصلی الگوریتم که همان بدست آوردن یک برنامه ممکن است کاربرد دارد.

یکی از اصلی ترین متغیرهای ما در این دسته شناسای تعداد اجزاء مشابه درسی (L) برای هر جزء در مجموعه فضای اجزاء می باشد به عنوان مثال مقایسه دو درس در صورتی که درس اول فقط توسط یک استاد که تنها ۵ ساعت را برای تدریس اعلام نموده است ، تعداد اجزائی که در فضای اجزاء این درس در آنها ارائه می گردد ۵ عدد می باشد و درس دوم توسط سه استاد که هر یک به ترتیب ۱۲ ، ۱۳ ، ۴ ساعت را برای تدریس خود اعلام نموده اند تعداد اجزائی که این درس در آنها ارائه می گردد ۲۹ (=۱۲+۱۳+۴) جزء خواهد بود که مسلماً اولویت انتخاب با اجزائی است که درس اول را ارائه می کنند. این متغیر در مباحث ارضای محدودیتها بررسی پیشرو۱ [5] نام دارد. این ایده که هدف آن اکتشاف مقادیر باقیمانده کمینه (2MRV) [5] است به نامهای اکتشاف" محدودترین متغیر" یا " اولین شکست" نیز

---

[1] forward -

[2] Minimum Remaining Values -

نامیده می شود . در صورت انتخاب اجزاء بدون توجه به این موضوع باعث می گردد که به مرور از دامنه انتخاب درس اول در فضای اجزاء موجود کاسته شده و در نهایت ممکن است درس مورد نظر در فضای اجزاء موجود نبوده که به منزله عدم ارائه آن درس می باشد.

متغیر دیگری که در این دسته مطرح است تعداد اجزاء مشابه استاد زمان (PT) و گروه دانشجویی زمان (ST) است. که نشاندهنده تعداد برخورد این جزء با سایر اجزاء موجود می باشد .این عدد هرچقدر کمتر باشد بهتر بوده که در صورت انتخاب آن جزء تعداد کمتری جزء از فضای اجزاء حذف خواهند شد .

متغیرهای کمکی

این دسته از متغیرها همانند متغیرهای اساسی در جهت حرکت برنامه به سمت هدف اصلی الگوریتم که همان بدست آوردن یک برنامه ممکن است حرکت می کند با این تفاوت که اولاً متغیرهای اساسی با توجه به فضای اجزاء موجود تایین می شوند در حالیکه متغیرهای کمکی با توجه به فضای اجزاء انتخاب شده تایین می گردند ثانیاً متغیرهای اساسی جزئی نگر بوده در حالیکه متغیرهای کمکی کلی نگر و با توجه به فضای اجزاء انتخاب شده تایین می گردند از جمله مهمترین این متغیرها می توان به عوامل زیر اشاره کرد

یکی از اساسی ترین متغیرهای این دسته شناسای تعداد اجزاء انتخاب شده برای یک گروه دانشجویی در مجموعه فضای اجزاء انتخاب شده است که در صورت پایین بودن نسبت به سایر گروههای دانشجویی ممکن است در پایان با کمبود منابع و تداخل با سایر دروس این گروه با همدیگر شویم پس باید سعی بیشتری در انتخاب اجزاء مرتبط با این گروه دانشجویی در فضای اجزاء موجود باشیم .

یکی دیگر از اساسی ترین متغیرهای این دسته شناسای تعداد اجزاء انتخاب شده برای یک استاد در مجموعه فضای اجزاء انتخاب شده است که در صورت پایین بودن نسبت به سایر اساتید با فرض اینکه تدریس دروس تقریباً بین اساتید پخش شده است در صورت پایین بودن این مورد ممکن است در پایان با کمبود منابع و عدم امکان انتخاب اجزاء مرتبط با دروس تدریسی این استاد شویم پس باید سعی بیشتری در انتخاب اجزاء مرتبط با این استاد در فضای اجزاء موجود باشیم . شایان ذکر است پخش ساعات تدریس بین اساتید یکی از پارامترهای مهم بهینگی نیز است .

متغیرهای بهینگی

این دسته از متغیرها در جهت بهینه کردن برنامه و یا همان اجرای شروط قابل انعطاف می باشند که دارای گستردگی بسیاری هستند که در قسمت ذیل به بررسی تعدادی از آنها خواهیم پرداخت

یکی از پارامترهای مهم بهینگی پشت سر هم قرار گرفتن ساعات برنامه ریزی شده برای اساتید و گروههای دانشجویی است برای تحقق این موضوع باید با شناسای اجزاء قبلی و بعدی از نظر بعد زمانی (T+1 و T-1) اجزاء انتخاب شده را از فضای اجزاء موجود پیدا کرده و سعی در انتخاب آنها داشته باشیم

یکی دیگر از پارامترهای مهم بهینگی رعایت حداکثر ساعات آموزشی یا تدریس در روز به میزان ۶ ساعت می باشد و در صورتی که این مقدار از عدد ۶ بیشتر شد باید از انتخاب اجزائی که در فضای موجود باعث افزایش این عدد می گردند جلوگیری شود.

یکی از مهمترین پارامترهای بهینگی همانطور که در قسمت قبلی توضیح داده شد پخش ساعات تدریس بین اساتید بوده که در قسمت قبلی در مورد آن توضیح داده شد .

پارامترهای بهینگی در محیطهای مختلف می توانند دارای وزنهای متفاوت و یا حتی متضاد باشند به عنوان مثال ممکن است پشت سر هم قرار گرفتن ساعات تدریس در یک محیط دانشگاهی نامطلوب ارزیابی گردد و به جای آن قرار دادن ساعات خالی مطلوب و یا پراکنده کردن دروس در روزهای مختلف کردن باشد .به همین جهت این متغیرها باید بعد از بررسی محیط مشخص گردند .

انتخاب اجزاء

یکی دیگر از قسمتهای مهم دیگر این الگوریتم روش انتخاب اجزاء می باشد ، آنچه که مسلم است معیار اصلی انتخاب ما همان امتیاز کلی است که به ازای هر جزء بدست می آ وریم است . اما تعداد انتخاب ما در هر مرحله معیار دیگر می باشد که ۳ روش برای آن توضیح داده شده است که در قسمت ذیل به بررسی می پردازیم. در مورد اینکه کدام یک از این راهها درست است در قسمت نتایج و بررسی کارای روش در قسمت بعدی مقاله بحث خواهیم کرد و فعلاً فقط به شرح آن اکتفا می کنیم

۱) انتخاب تک به تک دروس مانده

در این انتخاب بعد از هر انتخاب جزء ، فضای اجزاء موجود و امتیاز سیستمی را دوباره به روز می کنیم و دوباره از فضای جدید اعضای

باقیمانده ، انتخاب می کنیم.

۲) انتخاب کل دروس مانده

در این روش به ترتیب زیر عمل می گردد:

کلیه اجزاء با توجه به دروس مانده گروه بندی می شوند به این معنا که شاخص هر گروه درس (L) یکسان می باشد .

در این مرحله با توجه به امتیاز کل در هر گروه بهترین جزء انتخاب می گردد .

در این مرحله اگر ما بهترین های هر گروه را در کنار هم قرار دهیم در حقیقت کل دروس مورد نیاز را برنامه ریزی کرده ایم اما نکته مهم این است که بهترینهای گروهها ممکن است با هم در تضادهای شدید باشند که ما تنها در زمینه عدم برنامه ریزی دوباره یک درس با توجه به نحوه گروه بندی اطمینان داریم اما در مورد اینکه تنظیم دو ساعت یکسان برای یک استاد یا یک گروه دانشجویی هیچ تضمینی وجود نداشته و قطعاً تداخلاتی وجود دارد

پیدا کردن برخوردهای اجزاء با یکدیگر و حذف یکی از طرفین جهت حذف تداخلات

اضافه کردن اجزاء بدون برخورد به مجموعه انتخاب شده ها و بازگشت به مرحله اول

نکته مهم : در این روش معیار حذف کردن در مرحله ۴ در صورت بروز تداخلات بسیار اهمیت داشته که در اینجا دو معیار مهم برای آن ذکر می گردد:

معیار اول همان امتیاز کل جزء است به این صورت که هر چه امتیاز کل کمتر باشد احتمال حذف شدن آن جزء بیشتر است

معیار دوم تعداد برخورد جزء با سایر اجزاء می باشد که هرچه بیشتر باشد احتمال حذف شدن آن نیز بیشتر است به عنوان مثال اگر یک جزء با ۵ جزء دیگر برخورد داشته باشد باید آن ۵ جزء حذف شده تا این جزء باقی بماند و به مرحله ۵ (اجزاء اتخاب شده بدون تداخل) برسد در حالیکه با حذف این جزء می توانیم ۵ برخورد را کم کنیم و شاید اجزاء باقیمانده دیگر با یکدیگر تداخل نداشته و آن ۵ جزء به جدول انتخاب شده ها اضافه گردند

معیار سوم در هنگام حذف کردن نباید به صورت مقایسه دودوی باشد و ناگهان نیمی از اجزاء حذف گردند بلکه باید گروه بندی مجدد برخوردها را داشته باشیم به این معنا که به اضای هر استاد زمان (PT) و گروه دانشجوی زمان (ST) گروه بندی کرده و اجزائی را حذف کنیم که در هر دو گروه دارای برخورد باشند .

۳) انتخاب بخشی از دروس مانده

این روش کاملاً شبیه به روش دوم است با این تفاوت که به جای همه دروس مانده در بخش ۲ فقط بخشی از آنها انتخاب می شوند

جستجوی عقبگرد

یکی دیگر از مراحل مهم این روش جستجوی عقبگرد[1] می باشد که تضمینی برای کامل بودن روش بوده و در هنگام اشتباه الگوریتم اصلی در انتخاب اجزاء به صورت یک ناظر عمل کرده و در صورتی که درسی دیگر نتواند انتخاب شود (در فضای اجزاء موجود نباشد) آن را برطرف می کند روش انجام این عمل به شیوه زیر می باشد :

۱) بعد از هر مرحله اضافه شدن به مجموعه اجزاء انتخاب شده این الگوریتم تساوی زیر را چک می کند (از راست به چپ بخوانید)

مجموعه دروس فضای اجزاء موجود = مجموعه (کل دروس مورد تقاضا– دروس اجزاء انتخاب شده)

در صورت برقرار بودن تساوی یعنی کلیه دروس مانده امکان انتخاب شدن در انتخابهای بعدی را دارند و الگوریتم جستجوی عقبگرد متوقف شده و الگوریتم اصلی از ابتدا شروع می شود ولی در صورت عدم برقراری این تساوی یعنی درس یا دروسی وجود دارند که دیگر احتمال انتخاب شدن آنها وجود ندارد که از این پس این دروس را دروس بحرانی می نامیم .

۲) با بررسی مجموعه دروس انتخاب شده اجزائی که باعث بحرانی شدن این دروس شده اند را یافته و این مجموعه را مجموعه برخورد می نامیم

۳) در میان مجموعه برخورد آن جزئی را که ارزش آن از همه کمتر است حذف کرده و جزئی را که درس بحرانی در آن قرار دارد اضافه می کنیم

---

[1] Backtracking-Search-

در مرحله سوم دو نکته بسیار مهم وجود دارد نکته اول از مجموعه انتخاب شده ها کدام را حذف کنیم و نکته دوم از مجموعه اجزائی که این درس در آنها وجود دارد کدام را اضافه کنیم این مورد بسیار شبیه به حذف کردن اجزاء در مرحله چهارم اضافه کردن کل دروس می باشدکه قبلاً توضیح داده شد که به طور مختصر می توان به این صورت بیان کرد که معیار حذف و اضافه ، اضافه کردن اجزاء امتیاز بالا و همچنین داشتن کمترین تداخل با اجزاء انتخاب شده قبلی می باشد

محدودیتهای خاص

این محدودیتها با توجه به محیطهای مختلف بوجود آمده که باید در برنامه ریزی مد نظر قرار گیرد . که در قسمت ذیل به بررسی بعضی از آنها می پردازیم.

دروس ۲ واحدی

همانطور که می دانید اکثر دروس دانشگاهی ۲ ساعتی هستند در صورتی که ما معیار زمان خود را تک ساعتی و اجزاء خود را نیز به همین صورت ساخته ایم برای رفع این مشکل به این گونه عمل می کنیم :

۱) فضای اجزاء موجود باید اجزاء دو ساعتی که قبلی یا بعدی آنها وجود ندارند (که این مورد جزء شروط سخت است) قرار داده نشوند

۲) در صورتی که جزئی که انتخاب می کنیم دو ساعتی است در همان لحظه باید جزء قبلی یا بعدی آن را یافته و به مجموعه انتخاب شده ها اضافه کنیم .

دروس ۳ واحدی

دروس ۳ واحدی دارای یک تک ساعتی و یک دو ساعتی بوده که هر دو باید توسط یک استاد و در روزهای مختلف برگزار گردد برای رفع این مشکل به این گونه عمل می کنیم:

۱) در این مورد امتیاز کل اجزاء دو ساعتی دو برابر گشته به همین جهت انتخاب این اجزاء زودتر از تک ساعتی ها انجام می شود که علت این امر برنامه ریزی مشکلتر دو ساعتی ها نسبت به تک ساعتی ها می باشد.

۲) فضای اجزاء موجود دو ساعتی ها همانند دروس دو واحدی می باشد یعنی باید اجزاء دو ساعتی که قبلی یا بعدی آنها وجود ندارند (که این مورد جزء شروط سخت است) قرار داده نشوند.

۳) اجزاء تک ساعتی ای باید در فضای حالات موجود باقی بمانند که اولاً استاد آنها همان استاد دوساعتی باشد و ثانیاً در روزی متفاوت با روز دو ساعتی باشندکه در انتخبهای بعدی مشکلی ایجاد نشود.

محدودیت ظرفیت و تجهیزات کلاسها

در این مورد می توان با گروه بندی کردن بر اساس (ظرفیت-زمان یا ZT) و دستیابی به تعداد عضو هر گروه ، اگر مساوی یا بیشتر از تعداد کلاسهای موجود شد دیگر اجازه انتخاب اجزائی که از ZT آنها با موارد پر شده یکسان است ندهد که این مورد باید به عنوان شروط سخت در ساخت فضای اجزاء موجود لحاظ گردد .

در مورد تجهیزات نیز مثل بالا عمل می کنیم به با این تفاوت که به جای ظرفیت کد تجهیزات را می گذاریم

نکته مهم : ما می توانیم با استفاده از متغیرهای کمکی ، امتیاز سیستمی را طوری طراحی کنیم که اجزائی با ظرفیت بالا و یا نیازمند تجهیزات ، امتیاز بالاتری گرفته و سریعتر از سایر اجزاء برنامه ریزی شوند

امکان انتخاب دستی و دخالت انسانی در برنامه ریزی

یکی از مزایای این روش امکان برنامه ریزی به کمک کاربر می باشد به این صورت که کاربر می تواند در میان اجزاء فضای موجود بعضی از اجزاء را به جدول اجزاء انتخاب شده اضافه و یا از آن کم کند که این مورد علاوه بر تسریع در به پایان رسیدن برنامه ریزی باعث افزایش رضایت کاربر نیز بشود.

نکته مهم در این زمینه این است که بعد از هر انتخاب دستی باید دوباره فضای اجزاء موجود دوباره بازسازی شود و یا کلیه انتخابها قبل از نهایی شدن ، همانند آنچه که در مرحله ۳ و ۴ روش کل دروس مانده توضیح داده شد بررسی گردیده و برخوردها با توجه به نظر کاربر برطرف گردند و در نهایت به جدول اجزاء انتخاب شده اضافه گردند .

نتایج و کارایی حل مسئله

کارایی این روش را با ۴ پارامتر زیر اندازه گیری می کنیم

۱-کامل بودن. آیا روش تضمین می کند که در صورت وجود راه حل آن را بیابد

۲-بهینگی. آیا این الگوریتم راه حل بهینه ای ارائه می کند

۳-پیچیدگی زمانی. چقدر طول می کشد تا راه حل را پیدا کند

۴-پیچیدگی فضا. برای جستجو چقدر فضا نیاز دارد

آن چیز که مسلم است این چهار پارامتر با یکدیگر روابطی معکوس دارند که ما در ذیل حاصل افزایش هر کدام را بررسی می کنیم

کامل بودن

با توجه به اصول درست انتخاب و همچنین گذاشتن جستجوی عقبگرد در صورت بوجود آمدن دروس بحرانی می توان گفت این روش ، روشی کامل است . جهت افزایش اطمینان در این مورد می توانیم کارهای زیر را انجام دهیم

۱) با افزایش وزن امتیاز سیستمی به خصوص در متغیرهای اساسی و کمکی که در نتیجه انتخابات دقیقتر می شود ولی باعث کاهش بهینگی می شود

۲) استفاده از روش سوم در انتخاب اجزاء به طوریکه تعداد کمی درس انتخاب شود و امتیاز سیستمی و فضای اجزاء مرتب به روز شده که در نتیجه انتخابات دقیقتر می شود ولی باعث افزایش زمان حل مسئله می شود

بهینگی

در صورتی که بخواهیم بهینگی را افزایش دهیم باید وزن امتیاز انسانی و همچنین متغیرهای بهینگی امتیاز سیستمی را افزایش دهیم تا بهینگی بالا برود که مسلماً باعث می شود از هدف اصلی که کامل کردن تنظیم برنامه هفتگی است دور شویم که مورد همچنین باعث افزایش زمان حل مسئله ناشی از افزایش جستجوهای عقبگرد است ، خواهد شد .

پیچیدگی زمانی

ما می توانیم به کمک روشهای زیر زمان حل مسئله را کاهش دهیم

۱) با کمک گرفتن از کاربر مقداری ازمسئله حل گردد

۲) از آنجای که دانشگاه به دانشکده و دانشکده به گروه تقسیم می شوند و استفاده از اساتید مسترک در بین دو گروه کم و در بین دو دانشکده بسیار کم می باشد می توانیم ابتدا اجزائی که دارای اساتید مشترک بین گروهی و بین دانشکده ای هستند را برنامه ریزی کرده و اجزاء مناسب را انتخاب کنیم این اجزاء باید به گونه ای باشند که در مراحل بعدی حذف نگردند بعد از آن هر گروه را به صورت مجزا با استفاده از روش "تقسیم و حل" حل کنیم به اینصورت که هر بخش به صورت جداگانه حل شود که با توجه به نوع حل باید از روش سوم انتخاب ، استفاده کرد.

۳)شگرد "سازگاری یال۱" می تواند قبل از شروع جستجو اعمال گردد در مورد روش ما به این صورت است که بدست آوردن تغییرات حجم علاقمندی در ساعات و روزهای هفته که در ساعات و روزهای خاصی حجم درخواست بالا و در ساعات و روزهای خاصی حجم درخواست پایین است ؛ ما می توانیم به کمک متغیرهای کمکی ، با افزایش امتیاز سیستمی امکان انتخاب اجزاء در ساعاتی که حجم درخواست پایین است را افزایش داده تا امکانات از قبیل کلاس و تجهیزات به طور یکنواخت پراکنده شوند و از به وجود آمدن دروس بحرانی و جستجوی عقبگرد کاسته شود.

این روشها باعث افزایش سریع حل مسئله در برخورد با مسائل بزرگ می شود.

پیچیدگی فضا

در این مورد نیز می توان با استفاده از روشهای پیچدگی زمانی که در قسمت بالا مطرح شد باعث کاهش پیچیدگی فضا نیز شویم

---

[1] Arc Consistency-

پیاده سازی بخشهای مهم در بانکهای اطلاعاتی رابطه ای

نحوه پیاده سازی ، ارتباط جداول و کد نویسی SQL بسیار پیچیده و مهم است ما در این قسمت بخشی از آنها را بیان می کنیم

جداول مهم و شرح آنها

۱) ST : ورود ساعات دانشجویان و امتیاز مورد علاقه در آن ساعت به توجه به نظر کارشناس گروه و شبانه وروزانه بودن گروهها

۲) PT : ورود ساعات اساتید و امتیاز مورد علاقه در آن ساعت

۳) SL : ورود دروس مورد نیاز دانشجویان در آن ترم(دروسی که باید برای دانشجو یان برنامه ریزی شود)

۴) PL :ورود دروس مورد علاقه اساتید و امتیازی که آنها می دهند وهمچنین امتیازی که ریاست گروه با نامزدهای یک درس می دهد

۵) L : نام دروس و کد آنها

۶) P : نام استاد و کد استادی آنها

۷) S :نام گروه دانشجویی و کد گروه دانشجویی آنها

۸) Co : وارد کردن دروس به صورت تفکیک شده به صورت واحدی در این جدول ستون Co برای مشخص کردن ساعات ۲ ساعتی از یک ساعتی قرار داده شده است که ا گر ۲= Co باشد یعنی این یک ۲ ساعتی است و باید حتما یک ساعت قبل یا بعد از آن برنامه ریزی شود.

۹) Kolt : این جدول که مهمترین جدول در بانک اطلاعاتی ما می باشد شامل فضای اجزاء اولیه بوده هر جزء در یک رکورد آن ذخیره شده و Index گذاری شده است.

۱۰)Bar-end : در این جدول اجزائی که از جدول کل انتخاب شده است قرار می گیرند.

نماها یا Query های مهم

۱) Q_STL : این نما با ارتباط ۳ جدول ST ، SL و Co ساخته می شود در این نما مشخص می شود چه دروسی در چه زمانهایی مورد نیاز است .

۲) Q_PTL : این نما با ارتباط ۳ جدول PT ، PL و Co ساخته می شود در این نما مشخص می شود چه دروسی در چه زمانهایی می تواند ارائه شوند .

۳) KOL : این نما ترکیبی از ۲ نمای Q_STL و Q_PTL می باشددر این نما با ارتباط دو فیلد STL و PTL موارد مشترک زمان- درس اساتید و دانشجویان مشخص شده و به عنوان یک رکورد شناسایی می شود این نما به کمک دستور Create table به جدول KOLT تبدیل می شود در این نما امتیاز بندی انسانی نیز محاسبه می گردد

۴) Q-SEL : این نما به کمک امتیاز انسانی و سیستمی اقدام به امتیاز دهی هر جزء می کند . این نما به وسیله فیلتر شدن از جدول Bar-end همیشه اجزاء موجود نامتناقض با اجزاء انتخاب شده را نمایش می دهد(تضمینی بر رعایت شروط سخت).

۵) Bar-CST : این نما برای شناسای تعداد ساعات برنامه ریزی شده برای گروهای دانشجویی می باشد که در متغیرهای کمکی کاربرد دارند .

۶)Bar-CPT : این نما برای شناسای تعداد ساعات برنامه ریزی شده برای اساتید می باشد که در متغیرهای کمکی کاربرد دارند .

۷)L-bohran : این نما درسهای (L) بحرانی را نشان می دهد به طوریکه اگر درسی نه در فضای اجزاء موجود باشد و نه در اجزاء برنامه ریزی شده باشد (bar_end) آن را نمایش می دهد این درس با توجه به شرایط موجود دیگر قابل برنامه ریزی نیست .

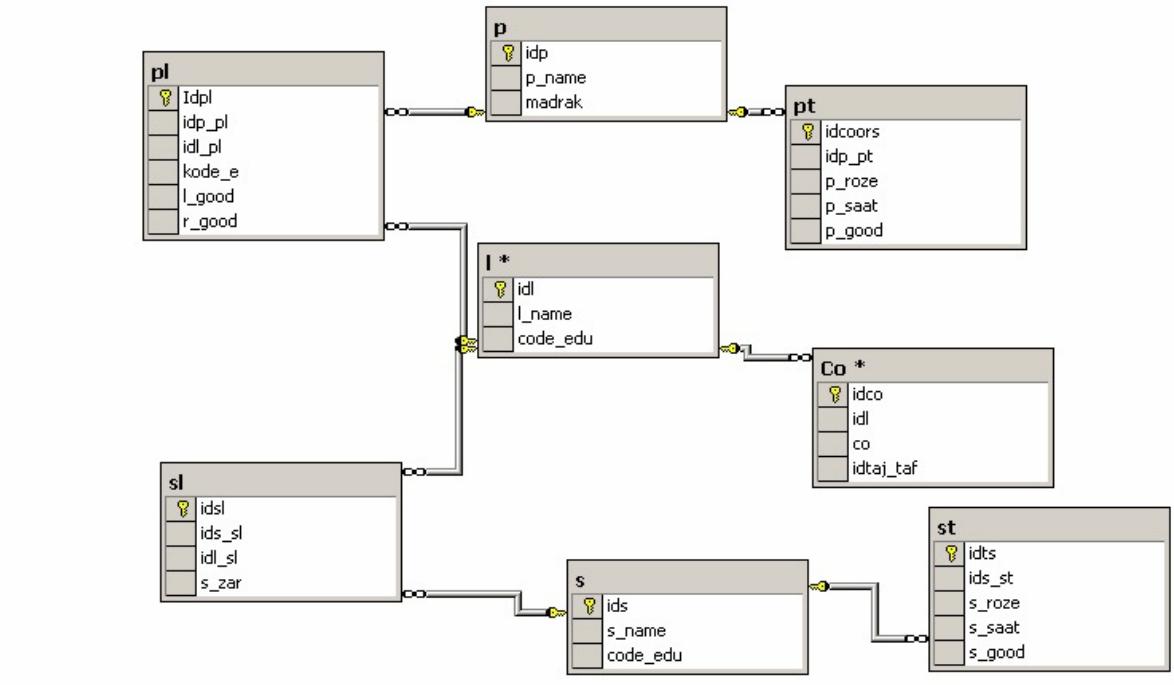
۸)KOL_CL : این نما برای شناسای تعداد اجزائی که یک درس می تواند برنامه ریزی شود ساخته شده است که در متغیرهای اساسی امتیاز سیستمی کاربرد دارد .

۹) T_SEL_TAF : این نما جهت شناسای اجزاء قبلی و یا بعدی اجزاء دو ساعتی طراحی شده است

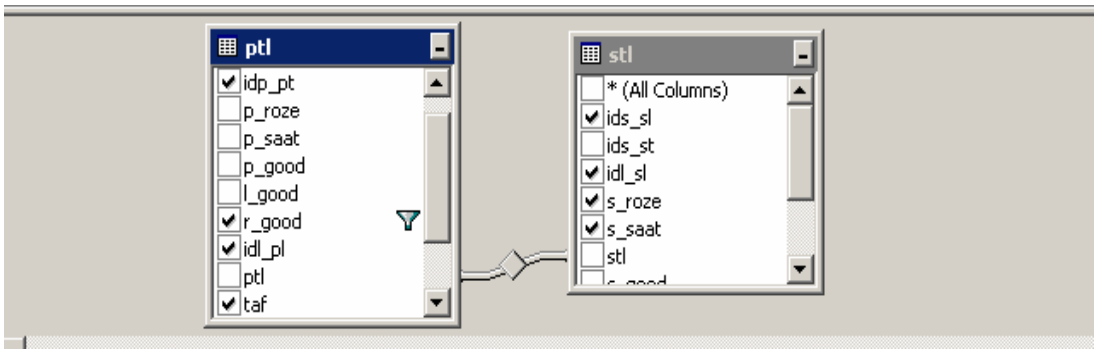
۱۰) Best_sel : این نما بهترین اجزاء به ازای هر درس را بدست می آورد که قبلاً در روش دوم انتخاب اجزاء توضیح داده شده است

۱۱) End_P : این نما از نوع Crosstab Query است به طوریکه ایام هفته سطر (row) و ساعات به عنوان (column) و دروس برنامه ریزی شده اجزاء به عنوان مقدار جدول (values) قرار می گیرند . برای گروههای دانشجوی نیز به همین صورت می توان جداول هفتگی آنها را استخراج کرد

ارتباط جداول اولیه



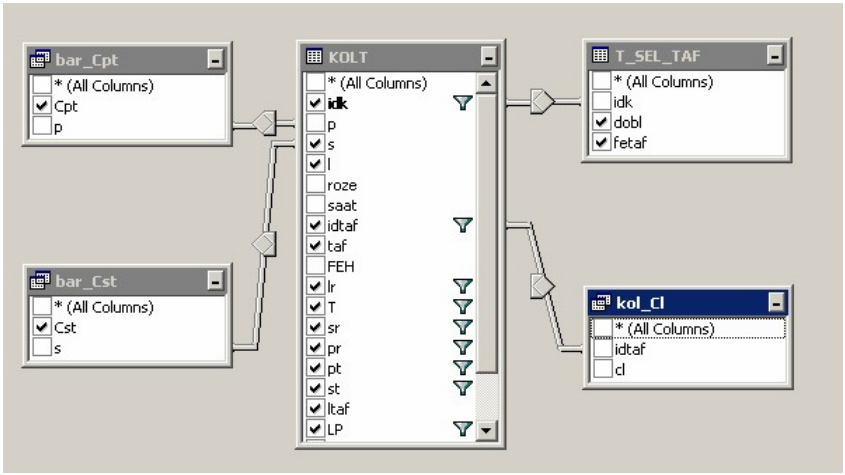
ساختن فضای اجزاء موجود (نمای kol)



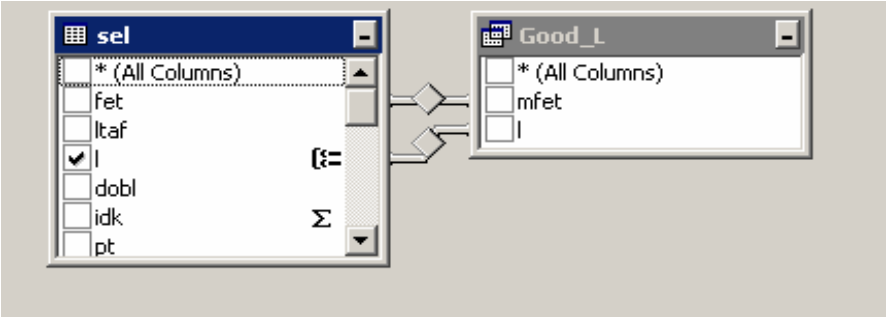
جدول فضای اجزاء اولیه(جدول KOLT)

	idk	p	s	l	roze	saat	idtaf	taf	FEH	lr	T	
	42	24	4	20	2	3	6	1	1.0001	20 A2	2 A3	4 A
	43	26	5	21	1	4	7	2	1.0001	21 A1	1 A4	5 A
	44	26	5	21	1	1	7	2	1.0001	21 A1	1 A1	5 A
	45	26	5	21	1	2	7	2	1.0001	21 A1	1 A2	5 A
	46	26	5	21	1	3	7	2	1.0001	21 A1	1 A3	5 A
	91	17	5	22	1	4	10	2	1.0001	22 A1	1 A4	5 A
▶	92	17	5	22	1	2	10	2	1.0001	22 A1	1 A2	5 A
	780	20	12	44	3	7	74	2	1.0001	44 A3	3 A7	12
	781	20	12	44	4	7	74	2	0.912	44 A4	4 A7	12
	782	20	12	44	4	8	74	2	0.912	44 A4	4 A8	12
	783	20	8	44	2	7	74	2	0.912	44 A2	2 A7	8 A
	784	20	8	44	3	7	74	2	0.912	44 A3	3 A7	8 A
	785	21	14	43	3	10	70	2	0.8179	43 A3	3 A10	14
	786	21	14	43	4	11	70	2	0.8179	43 A4	4 A11	14
	787	21	14	43	3	11	70	2	0.8179	43 A3	3 A11	14
	788	9	14	41	3	10	66	1	0.8179	41 A3	3 A10	14
	789	9	14	41	2	10	66	1	0.8179	41 A2	2 A10	14
	790	9	14	41	1	11	66	1	0.8179	41 A1	1 A11	14

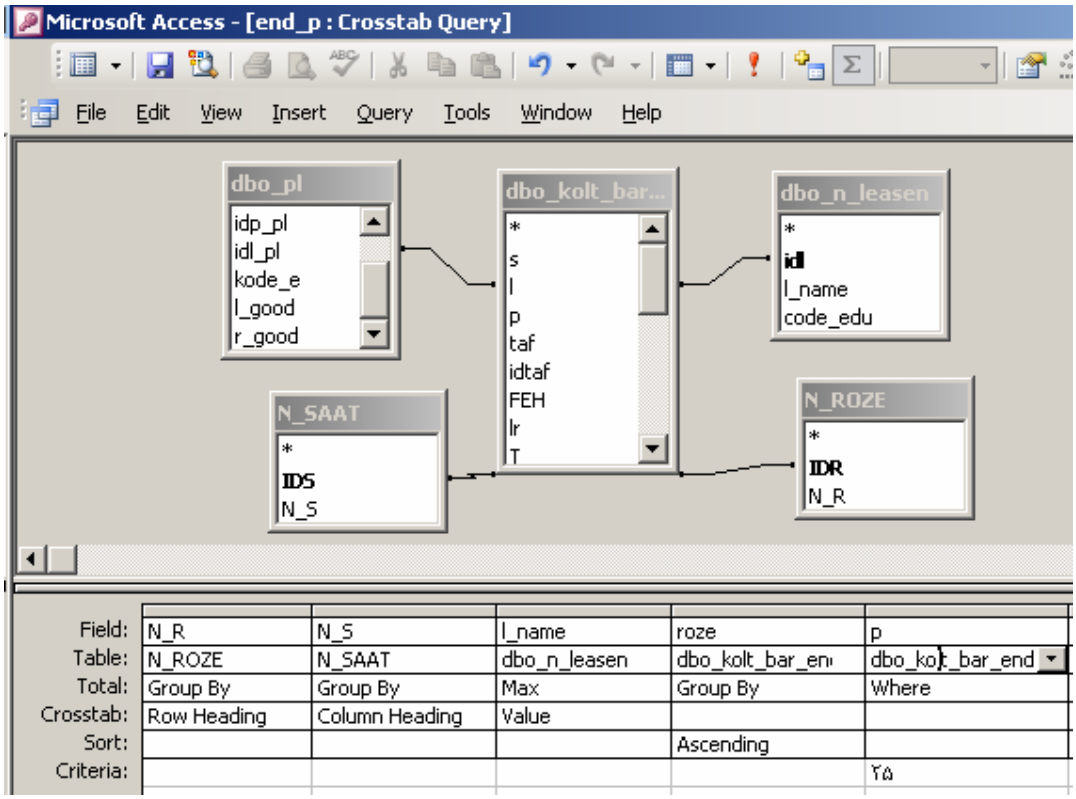
Query بدست آوردن فضای موجود(نمای Q-SEL)



نمای انتخاب بهترین از میان اجزاء موجود(Best_sel)



نمای نشان دهنده برنامه هفتگی برای اساتید(End_P)



منابع و مراجع

1. Burke E.K. and Elliman D.G. and Weare R.F. , AHybrid Genetic Algorithm for Highly constrained Time tabling problems , http:// www.asap.cs.nott.ac.uk
2. Blum C. and Correia S0and Dorigo M. and paechter B. AG , A evolving instructions for a timetable builder ln proceeding PATAT 2002 , pp 120-123
3. Rossi-Doria O.and Sampels M. and Birattari M. and Chiarandini , A comparison of the performance on the timetabling problem , In procceding PATAT2002 , pp 115-119
4. Mull T. and Bartak R. , lnteractive Timetabling : conepts Techniques and practical Results , ln proceeding PATAT2002 ,pp 58-72

۵. استوارت راسل و پیتر نورویگ ، هوش مصنوعی ، مهندس عین الله جعفر نژاد قمی ، چاپ اول ، تهران ، علوم رایانه ، ۱۳۸۳