

Их сургуулийн хичээлийн хуваарийн хийсвэр загвар ба генетик алгоритм

Ш.Нямбаа

МУИС-ийн Математик Компьютерийн Сургууль
Програм хангамжийн тэнхим
nyambaa@num.edu.mn

Хураангуй—Энэ ажилд Их Сургуулийн Хичээлийн Хуваарь (ИСХХ)-ийн хийсвэр (formal) тодорхойлолт, алгоритм, генетик арга хэрэглэх асуудлыг авч үзлээ. ИСХХ-ийн асуудал нь академик сургалтын байгууллагын сургалтанд оролцогч объект, компонентуудыг тодорхой хугацааны үед тараан байршуулах, зохиомжлох зорилготой комбинаторикийн оптимизацийн хүнд асуудал бөгөөд нэгэн төрлийн NP-hard асуудалд шилждэг. Энэ асуудлыг шийдэх олон арга, техникүүдээс логик хандлагатай генетик алгоритмыг ИСХХ зохиоход хэрэглэх, түүнд зориулсан тохирлын функцийг (fitness function) байгуулах тухай өгүүлнэ.

Түлхүүр үг – их сургуулийн хичээлийн хуваарь; хичээлийн хуваарь; хийсвэр тодорхойлолт; генетик алгоритм; тохирлын функц;

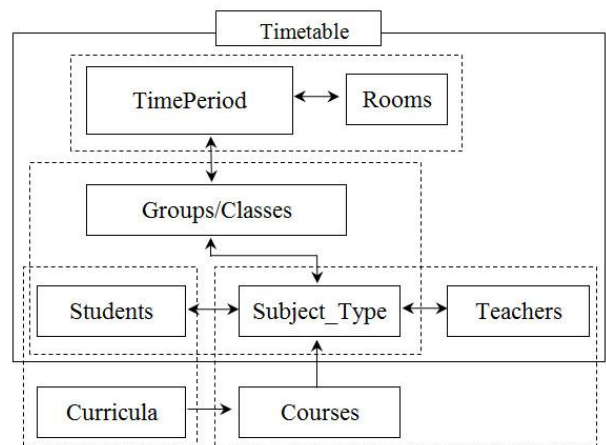
I. УДИРТГАЛ

Цагийн хуваарийн систем нь тухайн байгууллага, үйлчилгээний газрын ажиллах хөтөлбөр, тээврийн хэрэгслийн зогсоол, станц дээр ирэх, явах, дайран өнгөрөх цаг, бүх төрлийн сургуулиудын хичээллэх хуваарийг тодорхой цагийн давтамжтайгаар хуваарилан зохицуулах үүрэгтэй.

Цагийн хуваарийг зохиох аргачлалыг ерөнхийд нь *энгийн* болон *нийлмэл* гэж ангилж болно. Энгийн цагийн хуваарьт дэлгүүр, худалдаа, үйлчилгээний газруудын ажиллах хуваарийг ойлгох бөгөөд энэ нь үйлчилгээний газрууд бэлтгэлээ хангаад цагтаа нээх-хаах, үйлчлүүлэгчид үйлчлэх ёстой цагт нь ирж үйлчлүүлэх гэсэн энгийн хоёр талт харилцааг зохицуулна. Харин нийлмэл цагийн хуваарь нь тухайн үйл ажиллагаанд хамаарагдах олон төрлийн объектуудаас хамааруулсан хуваарь зохиох асуудал юм. Тухайлбал: төмөр замын сүлжээн дэх галт тэрэгний хөдөлгөөн, агаарын тээврийн нислэгийн болон нийтийн тээврийн хэрэгслийн хөдөлгөөний зохицуулалт, сургуулийн хичээлийн хуваарь зэргийг ойлгож болно.

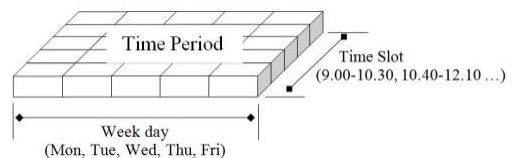
Эндээс бид сургуулийн хичээлийн хуваарийн асуудлыг авч үзье. Ерөнхий боловсролын сургуулийн хичээлийн хуваарь энгийн системтэй, хичээлийн төрлийн ангилалгүй учраас харьцангуй хялбар байдаг. Харин их сургуулийн хичээлийн хуваарь (хойшид хичээлийн хуваарь гэж нэрлэе) нь тухайн улиралд сургалтанд оролцож байгаа объектуудыг (сургалтын төлөвлөгөө, хичээл, багш, оюутан, өрөө-танхим, анги-бүлэг гэх мэт) зохицуулдаг [2,3].

Хичээлийн хуваарь нь математикийн хувьд дискрет оптимизацийн нилээд хүнд бодлогод тооцогддог боловч түүнийг булийн алгебрийн элементүүд оролцуулан шийдсэн олон арга, алгоритм байдаг. Энэ арга нь ихэнхдээ сонголт, хайлт, хуваарилалтын техникийг хэрэгжүүлэх асуудалд шилждэг [4, 5, 6].



Зураг 1. Хичээлийн хуваарийн компонентууд

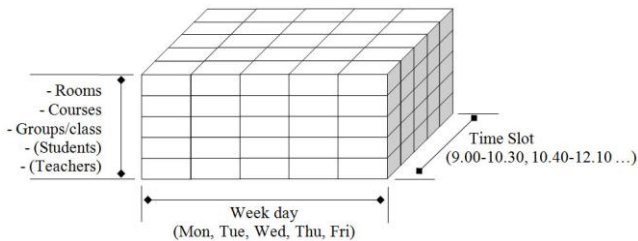
Хичээлийн хуваарь зохиоход оролцох компонентууд, тэдгээрийн хоорондын хамаарлыг сумаар заан Зураг 1-д үзүүлээ. Энд гол компонент нь хугацааны үе (TimePeriod) бөгөөд ихэнхдээ долоо хоногийн үетэйгээр давтагдаж, сургалтанд оролцогч компонентуудыг өөр дээрээ байгуулна (Зураг 2). Тухайлбал: багш-хичээлүүд гэсэн компонентууд хоорондоо салшгүй уялдаатай байхад уг хичээлийг сонгон сонсогч оюутнууд анги-бүлгийн хэлбэрт зохион байгуулагдан багштай харьцана. Оюутан багш хоёр хичээлээр дамжин хоорондоо холбогдоно [2].



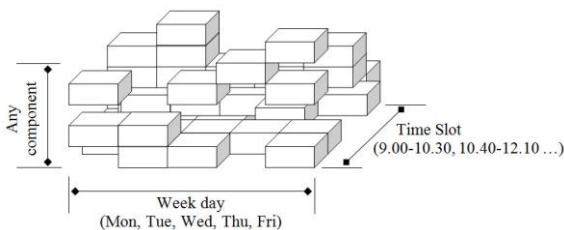
Зураг 2. Цагийн үеийн 2D формат

Хичээлийн хуваарь зохиох нь Зураг 2-т үзүүлсэн суурин дээр компонентуудаар байгуулсан гурван хэмжээт дүрслэл (Зураг 3) болон тухайн компонентийн хувьд нэг утгат квази торон гадаргуй (quasi grid surfaces) үүсгэх явдал юм. (Зураг 4).

Компентууд болон тэдгээрийн хоорондын, дотоод зохицлуудыг зөв байлгах шаардлагуудыг (constraint) тодорхойлох нь хамгийн чухал байдаг[2]. Эдгээр шаардлагуудыг ерөнхийд нь *хатуу* (hard constraint) болон *зөөлөн* (soft constraint) гэж ангилсан байдаг[4,5,6].



Зураг 3. Хичээлийн хуваарийн 3+2 хромсом бүхий 3D дүрслэл



Зураг 4. Тухайн компонентийн 3D квази торон гадаргуй дүрслэл

1.1 ИСХХ-ийн хатуу болон зөөлөн шаардлагууд:

Хичээлийн хуваарь зохиох гол үндсэн шаардлага нь *ялгаатай хоёр хичээл төрлөөрөө эсвэл ялгаатай анги-бүлэг нэг ижил цагт нэг өрөөнд орохгүй байх* явдал юм. ИСХХ-ийн байгуулалт хийхдээ хатуу шаардлагыг зөрчихгүй байх, харин зөөлөн шаардлагыг боломжоороо хангаж өгөх хэрэгтэй. Хатуу болон зөөлөн шаардлагуудыг дараах хэлбэрээр тодорхойлж болно. Үүнд:

Хатуу шаардлагууд:

- Хичээлийн хуваарьт орох хичээлүүд тухайн улиралд сонгогдсон байх;
- Хичээлийн хуваарьт орох хичээлүүд болон түүний төрлүүд зөв зохицуулагдсан байх;
- Оюутан, багш, анги-бүлгүүд ямар нэгэн давхцалгүй зөв хуваарилагдсан байх;
- Хугацааны хуваарилалтанд өрөө-танхимын давхцалгүй байх
- Тухайн бүлгийн (бүлэг нь хичээлийн төрлийг агуулна) хичээл нь хичээлийн тодорхойлолтонд тусгагдсан байх
- Хоёр бүлэг нэг цаг дээр нэг өрөөнд орохгүй байх
- Тухайн багш тухайн цаг дээр нэг л бүлэгт орох

- Зарим бүлгүүд тусгай өрөө шаардах (лаборатори, лекц,...)
- Бүлгийн оюутны тоо өрөөний багтаамжаас хэтрэхгүй байх
- Нэг хичээлийн үргэлжлэх цаг заасан хязгаараас хэтрэхгүй байх
- Оюутан болон багшид долоо хоногийн ачааллыг жигд хуваарлах
- Захиалгат цагийг эхлэж тавих

Зөөлөн шаардлагууд:

- Оюутанд 7 хоногт ноогдох цонхтой цаг бага байх, эсрэг тохиолдолд жигд тархалттай байх
- Оюутанд нэг өдөр олон төрлийн хичээл орохгүй байх
- Тухайн хичээлийн бүлгүүд дараалсан байрлалтай байх (Lecture, Lab,...)
- Хичээлийн төрлийн лекцийг нь эхлэж оруулах
- Удирдлагын албаны багш нарыг эхний цагт байршуулахгүй байх

1.2 Компонентуудын шаардлагууд: Хичээлийн хуваарь зохиоход гол анхаарах зүйл нь сургалтанд оролцогч багш, оюутан, хичээлийн-төрөл, өрөө болон цагийн үеийг зөв тодорхойлж, шаардлага, атрибутуудыг оновчтой байгуулах явдал юм [2].

[4,5,6] ажлуудаас бидний ажил хичээлийн төрлийг бие даасан атрибут болгож үзсэнээрээ ялгаатай.

II. АСУУДЛЫН ШИЙДЭЛ

Хичээлийн хуваарь зохиоход оролцогч компонентууд болон шаардлагуудыг хийсвэр тодорхойлолтын хэл RSL [1] ашиглан аксиоматик хэлбэрээр тодорхойлсон. Энэ хийсвэр тодорхойлолтууд болон түүнд генетик алгоритм ашиглах боломжийн талаар товч өгүүлбэ.

2.1 ИСХХ-т оролцогч компонентуудын шаардлагуудын хийсвэр тодорхойлолт:

Өрөө-танхимийг тодорхойлсон төрлийг дараах хэлбэртэй байгуулж болно. Энд *өрөөнүүдийн жагсаалт нь хоосон биш байх ба non_repeating() функцаар бүх өрөөнүүд оноосон нэрээрээ (identifier) ялгаатай байх* шаардлагатай. Өрөөнүүдийн жагсаалт, цагийн үе хоёрын хамаарлыг дараах хоосон биш байх **TPRL** төрлийн буулгалтаар тодорхойлно.

type

$$\text{Rooms_TT} = \{ \{ r1 : \text{ID_Room}^* \cdot r1 \neq \langle \rangle \wedge \text{non_repeating}(r1) \} \}$$

value

$$\text{non_repeating} : \text{ID_Room}^* \rightarrow \text{Bool}$$

$$\text{non_repeating}(tm) \equiv \text{card elems } tm = \text{len } tm$$

Тодорхойлолт 1. Өрөө-танхимийн жагсаалт төрөл байгуулах

```

type
  TPRL0 = TimePeriod  $\xrightarrow{m}$  Rooms_ТТ,
  TPRL = { | tm : TPRL0 • tm  $\neq$  [] | }
    
```

Тодорхойлолт 2. Цагийн үе, өрөөнүүдийн хамаарлын буулгалт

Хичээлийн төрлийг **TPRL** төрөлд буулгасан буулгалт нь энэ ажлын гол хэсэг юм. Энэ буулгалт төрөл нь **TsTPRL** нэртэй, *ямар нэгэн ялгаатай хоёр бүлэг ижил цагийн үед өөр өөр өрөөнд орох ёстой* гэсэн хатуу шаардлагыг хангасан байх ёстой.

```

type
  TsTPRL0 = Type_sub  $\xrightarrow{m}$  TPRL,
  TsTPRL = { | tm : TsTPRL0 • is_wf_tstprl(tm) | }

value
  is_wf_tstprl : TsTPRL0  $\rightarrow$  Bool
  is_wf_tstprl(tm)  $\equiv$ 
    (
      tm  $\neq$  []  $\wedge$ 
      (
         $\forall$  ts, ts' : Type_sub, tp : TimePeriod •
          {ts, ts'}  $\subseteq$  dom tm  $\wedge$ 
          ts  $\neq$  ts'  $\wedge$  tp  $\in$  dom tm(ts)  $\cap$  dom tm(ts')  $\Rightarrow$ 
          elems (tm(ts)(tp))  $\cap$  elems (tm(ts')(tp)) = {}
      )
    )
    
```

Тодорхойлолт 3. Хичээлийн төрөл болон TPRL төрлийн хамаарал

Дээрх гурван тодорхойлолтоор байгуулагдсан төрлүүдийг ашиглан **Timetable** төрлийг дараах хэлбэртэйгээр байгуулна. **Timetable** төрөл нь *адилхан цагийн үед, адил өрөөнд ордог хоорондоо ялгаатай хичээл, хичээлийн төрөл байгуулсан хичээлийн хуваарьт олдохгүй* гэсэн шаардлагыг тодорхойлсон **is_wf_Timetable()** функцын тусламжтайгаар тодорхойлогдоно.

```

type
  Timetable0 = ID_Subject  $\xrightarrow{m}$  TsTPRL,
  Timetable = { | tt : Timetable0 • is_wf_Timetable(tt) | }
    
```

```

value
  is_wf_Timetable : Timetable  $\rightarrow$  Bool
  is_wf_Timetable(tt)  $\equiv$ 
    (
       $\forall$  ids, ids' : ID_Subject, ts, ts' : Type_sub, tp : TimePeriod
      {ids, ids'}  $\subseteq$  dom tt  $\wedge$ 
      ids  $\neq$  ids'  $\wedge$ 
      ts  $\in$  dom tt(ids)  $\wedge$ 
      ts'  $\in$  dom tt(ids')  $\wedge$ 
      tp  $\in$  dom tt(ids)(ts)  $\cap$  dom tt(ids')(ts')  $\Rightarrow$ 
      elems tt(ids)(ts)(tp)  $\cap$  elems tt(ids')(ts')(tp) = {}
    )
    
```

Тодорхойлолт 4. Хичээл болон TsTPRL төрлийн хамаарлаар илэрхийлэгдсэн Timetable төрлийн байгуулалт

2.2 ИСХХ дээр хийх үйлдлүүдийн шаардлагын хийсвэр тодорхойлолт:

Өмнөх 2.1 хэсэгт хичээлийн хуваарийн үндсэн төрлүүдийг тодорхойллоо. Энэ тодорхойлолтоор хичээлийн хуваарь зохиох, түүн дээр хийх үйлдлүүд буюу генератор функцуудад дараах агуулгатай байна. Үүнд:

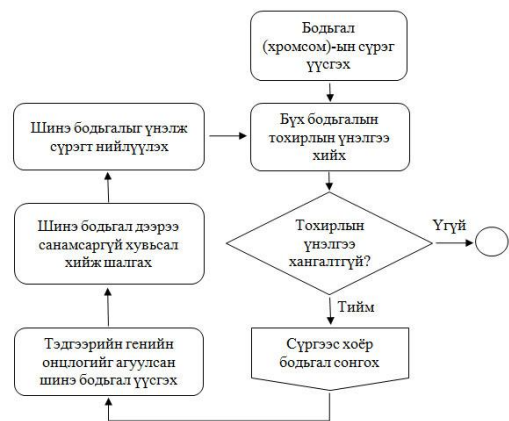
- Хичээлийн хуваарийн бүх компонентуудыг нэмэх, хасах болон өөрчлөх үйлдлүүд.
- Хичээл, хичээлийн төрөл нэмэх, хасах болон тухайн компонентуудыг өөрчлөх үйлдлүүд.
- Бүлэг нэмэх, хасах болон тухайн компонентуудыг өөрчлөх үйлдлүүд.

Эдгээр үйлдлүүдийн шаардлагын тодорхойлолтын интерфэйсүүд дараах хэлбэртэй. Энэ талаар дэлгэрэнгүй мэдээлэл [2] ажилд байгаа.

```

add_course_to_ТТ: ID_subject  $\times$  TsTPRL  $\times$  Univers  $\rightarrow$  Univers
add_typesub_tpm: TsTPRL  $\times$  TsTPRL  $\rightarrow$  TsTPRL
remove_courses_from_ТТ: ID_subject-set  $\times$  Univers  $\rightarrow$  Univers
remove_TsTPRL: ID_subject  $\times$  TsTPRL  $\times$  Univers  $\rightarrow$  Univers
remove_typesub_tprl: TsTPRL  $\times$  TsTPRL  $\rightarrow$  TsTPRL
remove_timeperiod_room: TPRL  $\times$  TPRL  $\rightarrow$  TPRL
change_class(),
change_teacher(),
change_student(),
change_Rooms(),
change_Timeperiod(),
change_TsTPRL()
    
```

2.3 Генетикийн шинжлэх ухаан нь амьд организмуудын хэлбэр болон удамшлыг судалдаг. Удамшлын тулгуур нь тодорхой шинж чанар хоорондоо хамааралгүй замаар удамших дискрет процесс болохыг анх 1800 оны дундуур эрдэмтэн Г.Мендел ажигласан. Удамшлын энэ тулгуур нэгжийг “гени” гэж нэрлэдэг. Амьд организмуудын удамшлын талаарх Менделийн хууль нь организмын удамших нь “гени” хэмээх дискрет шинж чанараар илэрдэг ба аливаа бодьгал нь түүний эцэг эхийн хүчтэй болсон, хөгжсөн шинж чанарыг өвлөн авдаг тухай өгүүлсэн байдаг[7]. Энэ генийн удамшлын процесс дээр тулгуурлан компьютерийн болон инженерчлэлийн ухаанд генетик алгоритм гэсэн ойлголт бий болсон.



Алгоритм 1.Энгийн генетик алгоритм

Генетик алгоритм нь амьд амьтны удамшлын сонголтын үйл явцыг дуурайсан аргачлал бөгөөд томоохон хэмжээний хайлтын системийг ашиглан асуудлыг бүх талаас нь шийддэг хүчирхэг технологи юм. Асуудлыг нэг доор хэсэгчлэх зохимжтой шийддэг хьюрстик аргаас ялгаатай нь генетик алгоритмаар сүргийн (population) бүх бие даасан хэсгүүдийг ерөнхийд нь зохицуулдаг. Энэ аргачлал нь төрүүлсэн эцэг эх бодьгалууд нь сүргээс сонгогдож, тэдний дундаас хүүхэд (child) бодьгал бий болдог. Үүссэн хүүхдүүдийн сүрэг нь энэ маягаар хувьсан (mutation) шилдгийг сонгох замаар үргэлжилнэ.

Байгальд энэхүү үзэгдэл нь хүүхэд төрөхдөө эцэг эхийн онцлог шинж тэмдэг, чанарыг агуулан төрдөг бөгөөд үр удамд нь цаашид удамшин хадгалагдана. Энэ үйл явцыг Алгоритм 1-д үзүүлсэн энгийн генетик алгоритмаар дүрслэж болно.

Генетик алгоритмыг дараах хоёр үндсэн агуулгаар хэрэгжүүлнэ. Үүнд:

- Алгоритмын байгуулалтын дүрслэл (Алгоритм 1)
- Тохирлын функц байгуулах

2.4 Тохирлын функц (fitness function): Тохирлын функц нь тухайн тооцоолсон шийдүүдийн олонлогоос шаардлага хангасан шийдийг сонгон авах чадвартай функц юм. Генетик агуулгаараа хромсомуудын тохирол, өөрөөр хэлбэл хромсомууд бусад хромсомуудтай ямар зэрэглэлийн харьцаанд оролцож байгааг тодорхойлох, дараа нь сонгогдсон хоёр хромсомын генүүдийн хоорондын үржил, селекцийн чанарын үнэлгээ хийхэд оршино.

Бид ажилдаа хромсомыг хичээлийн хуваарийн компонентуудаар төлөөлүүлж, хромсом нь сонголтонд оролцох генүүдээс бүрдэнэ гэж үзсэн болно. Гени нь тухайн компонентын элементүүдийн олонлог байна. Хромсомын сонголтыг Зураг 3-т үзүүлсэн компонентын эхнээс эхэлж хийх ба хаалтанд байгаа компонентууд харьцангуй бага зэрэглэлтэй гэж үзнэ.

Сонгогдсон хромсомуудыг нь нийлүүлэх, холих олон янзын аргыг тусгай технологээр өгөгдлийн олонлогийг үүсгэх бөгөөд түүгээр илүү дээр шинэ үеийн бодьгал биетийг үүсгэнэ.

Тохирлын функц нь генетик алгоритмын асуудлыг шийдвэрлэх гол арга бөгөөд ерөнхийдээ дараах арга-техникүүдийг ашигладаг. Үүнд:

Торгуулийн схем: Тухайн хичээлийн хуваарт өгөгдөл нэмэх, өөрчлөх үеийн байдлыг үнэлэхдээ өртгийн функцийг тодорхойлно. Энэ функц нь шийдийн чанарыг тодорхойлох ба тухайн хичээлийн хуваарийн өртөг (оптимизацийн асуудал) багатай байлгах үүрэгтэй.

Эрлийзжүүлэлтийн үйл ажиллагаа: Эцэг эхийг сонгон авч тэдгээрийн хамгийн сайн генийн хосолсон (binary) утгаас шинэ бодьгал үүсгэнэ.

Хувиргалт: Эрлийзжүүлэлтээр бий болгосон бодьгалуудаас сонголт хийж түүний генийн чанарыг улам сайжруулах замаар өндөр боломж бүхий бодьгал гаргаж авна.

2.5 Тохирлын функцын хийсвэр тодорхойлолт: Тохирлын функцын нь булийн төрлийн утга буцаадаг дараах функцууд байна.

compatible: (TimePeriod \rightarrow Nat0) \times TPRL \rightarrow Bool
compatible_tstprl: TsTPRL \times TsTPRL \rightarrow Bool
compatible_rooms: ID_Subject \times TsTPRL \times Rooms \rightarrow Bool

Эдгээр функцүүдээс **compatible_tstprl()** функцийн тодорхойлолт *тухайн цагийн ялгаатай агуулгаатай бүлгүүд ялгаатай өрөөнд орох* агуулгатай, дараах хэлбэртэй байна.

compatible_tstprl: TsTPRL \times TsTPRL \rightarrow Bool
compatible_tstprl(tstprl1, tstprl2) \equiv
 (
 \forall ts, ts' : Type_sub, tp : TimePeriod •
 ts \in dom tstprl1 \wedge
 ts' \in dom tstprl2 \wedge
 tp \in dom tstprl1(ts) \cap dom tstprl2(ts') \Rightarrow
 elems tstprl1(ts)(tp) \cap elems tstprl2(ts')(tp) = {}
),

Тодорхойлолт 5. Тохируулах функцийг TsTPRL төрөл дээрх хэлбэр

Тохируулах функцуудад ашиглагдах компонентуудын (хромсомуудын) шалгалтын функц, нөхцлүүд:

courseset_in_TT : Courses \rightarrow ID_subject-set
check_course_in_TT: Timetable \times Courses \rightarrow Bool
check_student_in_TT: Timetable \times Students \rightarrow Bool
check_teacher_in_TT: Timetable \times Teachers \rightarrow Bool
check_room_in_TT: Timetable \times Rooms \times Students \rightarrow Bool

Хичээлийн хуваарийн тохирлын функц дараах тодорхойлолтыг хангасан булийн төрлийн функцаар тодорхойлно.

value
consistent_Timetable :
 Timetable \times Courses \times Currs \times Students \times Teachers \times Rooms \rightarrow
Bool
consistent_Timetable(tt, course, curr, stud, teach, room) \equiv
 check_course_in_TT(tt, course) \wedge
 check_student_in_TT(tt, stud) \wedge
 check_teacher_in_TT(tt, teach) \wedge check_room_in_TT(tt, room, stud)

Тодорхойлолт 6. Хичээлийн хуваарийн тохирлын функцын тодорхойлолт

consistent_Timetable() функц нь компонентуудын хоорондоо хамааралгүй дэд функцүүдээс бүрдэнэ. Эдгээр функцүүдээс **check_course_in_TT()** функцийн тодорхойлолтыг дараах хэлбэрээр харуулж байна. Энэ функц нь *хичээлийн хуваарьт оролцсон хичээлүүд нь сонгогдсон хичээлүүдээс олон биш ба бүх хичээлүүдийн хувьд тэдгээрийн төрлүүд нь зөв тодорхойлогдсон байна* гэсэн агуулгатай.

```

check_course_in_TT : Timetable × Courses → Bool
check_course_in_TT(tt, course) ≡
  dom tt ⊆ courseset_at_Tita(course) ∧
  (
    ∀ ids : ID_Subject •
      ids ∈ dom tt ⇒
        (
          ∀ ts : Type_sub •
            ts ∈ dom tt(ids) ⇒
              ts ∈ dom type_sub(course(ids))
          )
        )
  )

```

Тодорхойлолт 7. Хичээлийн хуваарьт оролцсон хичээлүүдийн шалгалтын тодорхойлолт

III. ДҮГНЭЛТ, ЦААШИД ХИЙХ АЖИЛ

Энэ ажлаараа [2] ажилд хийсэн ИСХХ асуудлын хийсвэр тодорхойлолт, алгоритмуудыг ашиглан түүнд генетик арга хэрэглэх асуудлыг судалж, хэрэгжүүллээ.

Зөвхөн МУИС-ийн MKC-ийн бакалаврын сургалтыг 350 (төрөл бүлгээрээ 730) орчим хичээл, 60 багш, 17 өрөө танхим лаборатори, 1000 орчим оюутан, 9 сургалтын төлөвлөгөөтэйгээр сургалт явуулж байна. Дээрх хичээлийн хуваарийн компонентуудаар байгуулагдсан өгөгдлийн сангийн загвар [2] ажилд тусгагдсан шаардлага хангаж байх тохиолдолд хичээлийн хуваарь байгуулах бүрэн боломжтой болсон.

Энэ ажлыг цаашид боловсронгуй болгохын тулд орчин үеийн дискрет оптимизацийн арга “Max Plus Algebra”-ийн техникийг хэрэглэх боломжийг судлах явдал юм.

НОМЗҮЙ

- [1] The RAISE Language Group. The RAISE Specification Language. BCS Practitioner Series. Prentice Hall, 1992.
- [2] Shirnen Nyambaa, Ishdorj Tseren-Onolt and Richard Moore. A Management System for University Teaching. 177, The United Nations University-International Institute for Software Technology-UNU/IIST, P.O.Box 3058, Macau, September 1999
- [3] Shirnen Nyambaa, Ishdorj Tseren-Onolt and Richard Moore. Formal Specification of Management System for University Teaching. Proceeding of the 3rd International Conference on East2Asian Language Processing and Internet Information Technology-EALPIIT2003, Ulaanbaatar, Mongolia, 2003, pp 310-313
- [4] Kuldeep Kumar, Sikander, Ramesh Sharma and Kaushai Mehta, Genetic Algorithm Approach to Automate University Timetable, International Journal of Technical Research (IJTR) Vol 1, Issue 1, Mar-Apr 2012.
- [5] Keith Murray, Tomas Muller and Hana Rudova, Modeling and Solution of a Complex University Course Timetabling Problem. Practice and Theory of Automated Timetabling VI, Selected Revised Papers, pp 189-209. Springer-Verlag LNCS 3867, 2007.
- [6] Sara K.Miner, Saleh Elmohamed and Hon W.Yau, Optimizing Timetabling Solutions Using Graph Coloring, 1995, NPAC REU program
- [7] Griffiths AJF, Miller JH, Suzuki DT, Lewontin RC, and Gelbart WM (2000). An Introduction to Genetic Analysis. New York.