

Тодорхой бус удирдлагыг тохируулгын системд ашиглах нь

Ц.Пүрэвсүрэн, Ц. Баасансүрэн
ШУТИС,КТМС, Компьютерийн техник хангамжийн тэнхим
ШУТИС, ЭХИС, Электроник Автоматжуулалтын тэнхим

Түлхүүр үг: Саатлын хугацаа ихтэй процесс, Шугаман бус процессийн тохируулга, Тодорхой бус тохируулга, Нейрон сүлжээ

Товч утга: Сүүлийн үеийн техник болон философи, анагаах ухааны салбарт өргөн нэвтрээд байгаа тодорхой бус логик, нейрон сүлжээ нь орчин үеийн сонирхолтой сэдвүүдийн нэг юм. Тодорхой бус логик онолыг анх 1965 онд Америкийн эрдэмтэн Лофти Заде дэвшүүлсэн билээ. Тодорхой бус логик бол хүний энгийн ярианы хэллэгүүдийг ашигласан, нэг ёсны хүн техник хоёрын завсрын холбоос гэж үзэж болно. Энэ логик дээр тулгуурласан тохируулгын системийн гол цөм нь хүний мэдлэг, туршлагад тулгуурласан шийдвэр гаргах байгууламж тул энэ нь нэг ёсны эксперт систем юм. Тодорхой бус удирдлагын системийг үйлдвэрлэлийн автоматжуулалт болон тохируулгын техникт, ялангуяа шугаман бус процессийн тохируулгад өргөн хэрэглэдэг. Энэ өгүүлэлд тодорхой бус удирдлагыг тохируулгын системийн хүндрэлтэй асуудлын нэг болох саатлын хугацаа ихтэй процессийн удирдлагад хэрхэн ашиглаж болох талаар өгүүлсэн болно.

Оршил

Орчин үед компьютерийн шинжлэх ухаан эрчимтэй хөгжиж, тэдгээрийн ололтыг ашигласан үйлдвэрийн шинэ техник технологи нь шинжлэх ухааны бүхий л салбаруудад өсөн нэмэгдэж байгаагийн зэрэгцээ аливаа үйлдвэрлэлийн процессийг шинжлэх ухааны шинэ ололт

амжилтуудад тулгуурлан удирдах явц улам боловсронгуй болж байгаа билээ.

Дэлхий дахинд глобальчлах үйл явц эрчимтэй явагдаж байгаа энэ үед дэлхийн шинжлэх ухаанд судлагдаж байгаа шинэ салбарыг судлах нь бидний хувьд зайлшгүй шаардлагатай болж байна.

Тодорхой бус удирдлага нь тодорхой бус логикийн онол хэмээх орчин үеийн шинэ онол дээр тулгуурласан бөгөөд үйлдвэрлэлийн процессийн удирдлагад шугаман бус системийн ажиллагааг шугамчилж, дифференциал тэгшитгэлээр илэрхийлж боловсруулалт хийдэг сонгодог онолын төвөгтэй математик загварыг гаргах шаарддагагүй, харин эксперт систем буюу хүний мэдлэгийн санд тулгуурласан шийдвэр гаргаж удирддагаараа онцлогтой.

Тодорхой бус логикийг одоо үед анагаах ухаанд дүрс танин мэдэхүйд, удирдлагын техникт үйлдвэрлэлийн процессийн аливаа удирдлагад өргөн хэрэглэж байгаа бөгөөд энэ онолд тулгуурласан тохируулгын системийг манай орны хувьд судалж, зохион бүтээх нь зүй ёсны асуудал билээ.

Автомат удирдлагын сонгодог онолд шугаман бус системийг илэрхийлсэн математик тэгшитгэлийг гаргах нь хүндрэлтэй асуудлын нэг бөгөөд тодорхой бус удирдлагад математик загвар шаарддагагүй, аливаа хэмжигдэхүүнийг үгээр илэрхийлж, лингвистик хувьсагч хэмжигдэхүүнийг тогтоож боловсруулалт хийдэг, мөн оролт, гаралтын хэмжигдэхүүнийг харьяаллын функцээр хязгаарлаж нэг логик хэлбэрт оруулдаг давуу талуудтай.

Удирдлагын техникийн төвөгтэй асуудлуудын нэг болох саатлын хугацаа ихтэй процессийн тохируулгыг бий болгох нь нилээд чухал бөгөөд сонгодог удирдлагын системд энэ процессийг PI тохируулгаар удирдах боловч

Энэ нь саатлын хугацаа ихсэх тусам системийн тогтвортой байдал алдагдах, мөн гадны нөлөөнөөс шалтгаалж хүссэн хэмжигдэхүүний утгыг гаргаж авч чадахгүй байх зэрэг сөрөг үр дагавартай байдаг. Шугаман бус тохируулгын нэг болох тодорхой бус тохируулга ашигласнаар энэ дутагдлуудыг арилгаж, тогтвортой ажиллагаатай, саатлын хугацааны харьцангуй их утгад ажиллах чадвартай тохируулгын системийг бий болгож болох талаар судалж энд өгүүлсэн болно.

1. Онолын үндэс

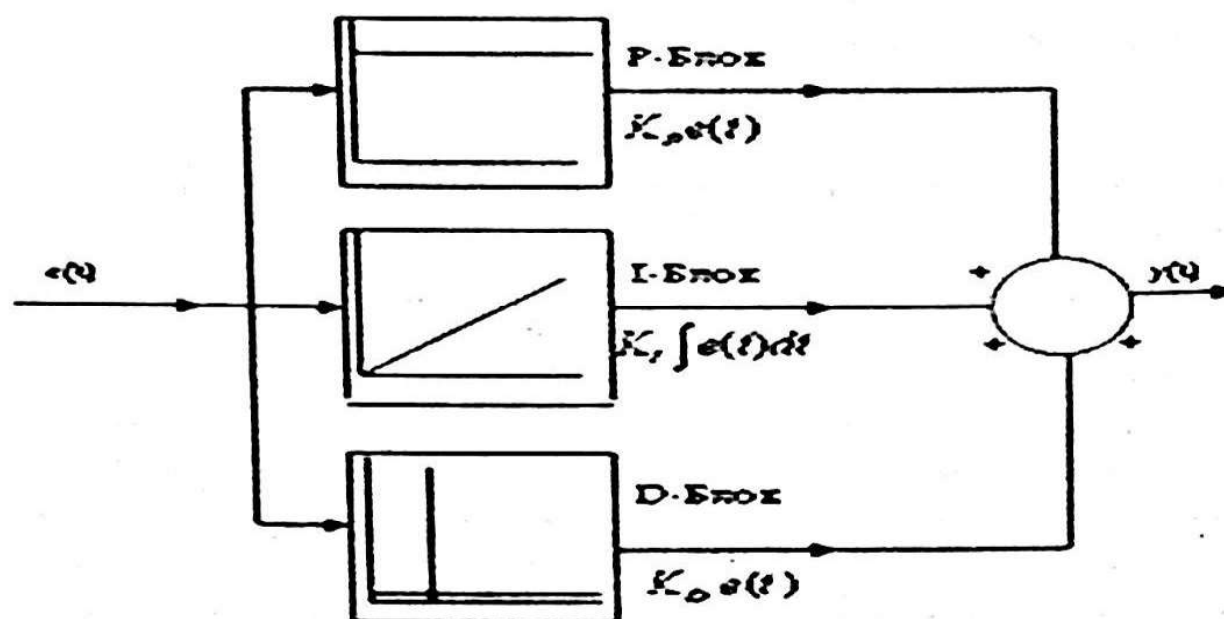
1.1 Сонгодог тохируулгын системийн тухай товч

Аливаа үйлдвэрлэлийн процессийг удирдахад тохируулгын болон удирдлагын системийг ашигладаг. Удирдлагын системд объектийн үйлчлэлийн үр дүнгээс системийн ажиллагаа хамаардаггүй. Өөрөөр хэлбэл, удирдлагын систем нь задгай систем юм. Харин тохируулгын систем нь битүү систем бөгөөд энд системийн гаралтыг оролттой холбож гаргадаг. Ийм системийн давуу тал нь удирдлагын объектийн үйлчлэл системд хэрхэн нөлөөлөхийг өөрөөр хэлбэл, гаралтын хэмжигдэхүүн шаардлагатай хэмжээнээсээ хир ялгаатай байгааг тодорхойлж тохируулдагт оршино. Аливаа тохируулгын системийг дотор нь шугаман ба шугаман бус гэж 2 ангилдаг ба энд системийн оролт гаралтын хамаарал нь дифференциал тэгшитгэлээр илэрхийлэгдэнэ. Системийн дифференциал тэгшитгэлийг зохиоход уг системийг хэсэг салаа болгон хувааж хэсэг тус бүрийн дифференциал тэгшитгэлийг гаргаж, тэдгээрийг нэгтгэдэг. Системд түүний хэсгүүдийн дотоод холбоог харуулдаг оролт гаралтын хэмжигдэхүүнүүдээс гадна гадны үйлчлэлийг оролцуулах шаардлагатай

байдаг. Системд явагдаж байгаа динамик процессуудыг илэрхийлж байгаа хувьсагчууд нь тогтворжсон үеийнхээ утгаас хазайх хазайлтыг ямагт маш бага гэж тооцсоны үндсэн дээр шугаман биш дифференциал тэгшитгэлийг шугамчилдаг.

Ихэнх тохируулгын систем нь статик хэсэг (P), интеграл болон дифференциал гэсэн динамик хэсгүүдээс тогтоно.

PID-Тохируулга



Зураг1.1 Сонгодог PID удирдлагын блок

Сонгодог тохируулгын системийн үндсэн блокуудыг зураг 1-д

үзүүлсэн болно. Энд сонгодог тохируулгын системд суперпозицийн зарчим биелдэг. Өөрөөр хэлбэл, системийн ажиллагаанд үзүүлэх салаануудын нийлбэр үйлчлэл нь салаа тус бүрийн үйлчлэлийн нийлбэртэй тэнцүү байна.

Хүснэгт 1.1 Тохируулгын системийн үндсэн блокуудын оролт гаралтын хамаарал

Блок	Оролт гаралтын хамаарал
P	$x_o(t) = K_p \cdot x_e(t)$
PT ₁	$x_o(t) + T_1 \cdot \dot{x}_o(t) = K_p \cdot x_e(t)$
I	$x_o(t) + K_I \cdot \int x_e(t) dt$
D	$x_o(t) = K_D \cdot \dot{x}_e(t)$
PI	$x_o(t) = K_p \cdot x_e(t) + K_I \cdot \int x_e(t) dt$
PIT ₁	$x_o(t) + T_1 \cdot \dot{x}_o(t) = K_p \cdot x_e(t) + K_I \cdot \int x_e(t) dt$
PID	$x_o(t) = K_p \cdot x_e(t) + K_I \cdot \int x_e(t) dt + K_D \cdot \dot{x}_e(t)$
PIDT ₁	$x_o(t) + T_1 \cdot \dot{x}_o(t) = K_p \cdot x_e(t) + K_I \cdot \int x_e(t) dt + K_D \cdot \dot{x}_e(t)$
T _i	$x_o(t) = x_e(t - T_i)$

Дээрх хүснэгтэд хамгийн их хэрэглэгддэг тохируулгын системийн үндсэн блокуудын оролт гаралтын хамаарлыг илэрхийлэх дифференциал тэгшитгэлийг харуулав.

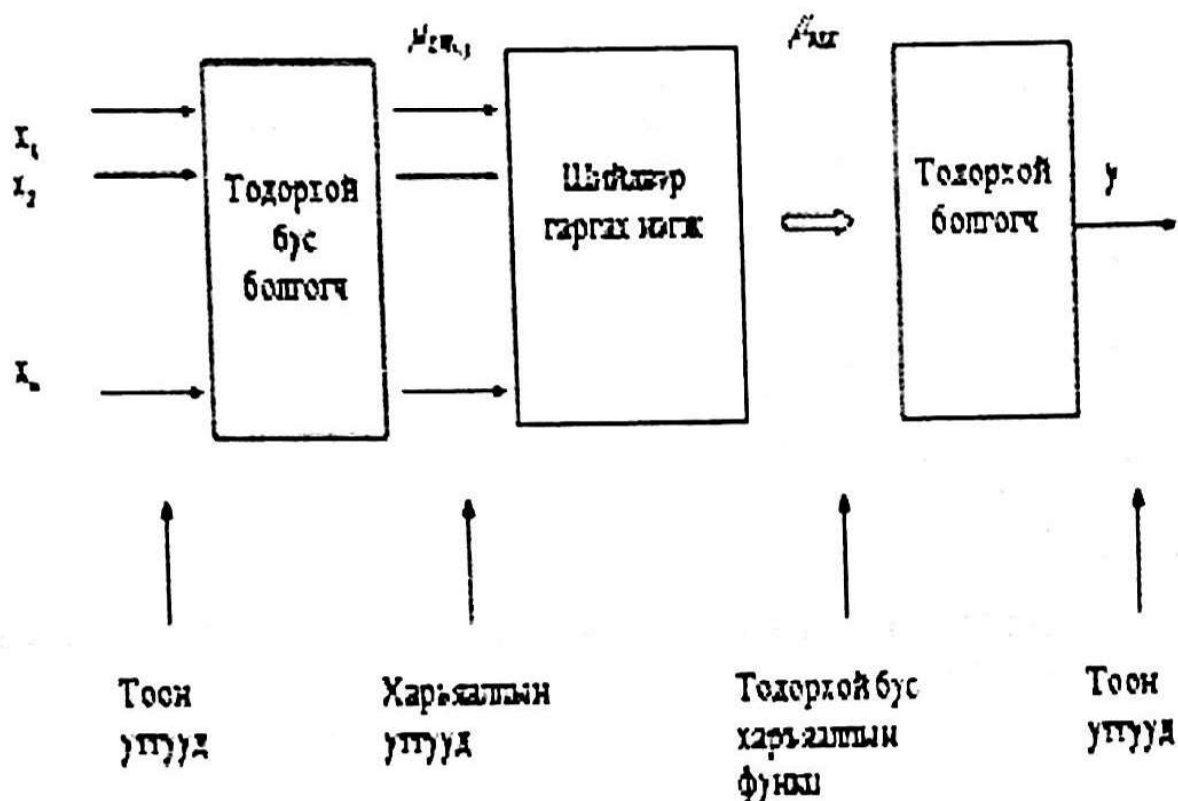
1.2 Тодорхой бус тохируулгын систем

Сонгодог тохируулгын системд ийнхүү шугаман бус системийг шугамчилж дифференциал тэгшитгэлээр илэрхийлэн цаашид боловсруулалт хийдэг байна. Харин тодорхой бус тохируулгад шугаман бус системийг шугамчлалгүйгээр боловсруулалт хийж, үр дүнг гаргаж болдог. Энд математик илэрхийлэл ашиглалгүйгээр оролтын хэмжигдэхүүнүүдийг тодорхой бус гэж нэрлэгдэх

ердийн ярианы хэллэгүүдээр илэрхийлж цаашид боловсруулалт хийдэг.

Одоо тодорхой бус тохируулгын бүтэцтэй танилцъя.

Тодорхой бус тохируулгын систем нь тодорхой утгаас тодорхой бус хэмжигдэхүүнд шилжүүлэх хэсэг, шийдвэр гаргах хэсэг, тодорхой бус үр дүнг тодорхой болгох хэсэг гэсэн 3 үндсэн хэсгээс тогтдог.



Зураг1.2.1 Тодорхой бус удирдлагын бүтцийн схем
Энэхүү үе шатуудад хийгдэх үйлдлүүдийг авч үзвэл:
Оролт гаралтын хамаарал:

$$y_{res} = f(x_1, \dots, x_n) \quad (1)$$

Үе шатууд:

1. Тодорхой бус болгож, харьяаллын функцүүдийг тогтооно. (Fuzzification)

$$\mu_{LW_{i,j}}(x_i)$$

2. Оролтын харьяаллын функцүүдийн хамаарлыг тогтооно. (Aggregation)

$$\mu_{agg,k}(x_1, \dots, x_n) = \min\{\mu_{LW_{1,i}}(x_1), \dots, \mu_{LW_{n,p}}(x_n)\}$$

$$k = 1, \dots, m \quad (2)$$

3. Шийдвэр гаргана. (Implication)

$$\mu_k(x_1, \dots, x_n, y) = \min\{\mu_{agg,k}(x_1, \dots, x_n), \mu_{LW_{1,k}}(y)\}$$

$$k = 1, \dots, m \quad (3)$$

4. Гарсан шийдвэрүүдийг нэгтгэнэ. (Akkumulation)

$$\mu_{res}(x_1, \dots, x_n, y) = \max\{\mu_1(x_1, \dots, x_n, y), \dots, \mu_m(x_1, \dots, x_n, y)\} \quad (4)$$

5. Тодорхой үр дүнг гаргана. (Defuzzification)

$$y_{res} = \frac{\int y \cdot \mu_{res}(x_1, \dots, x_n, y) dy}{\int \mu_{res}(x_1, \dots, x_n, y) dy} \quad (5)$$

2.1 Тодорхой бус болгогч нэгж.

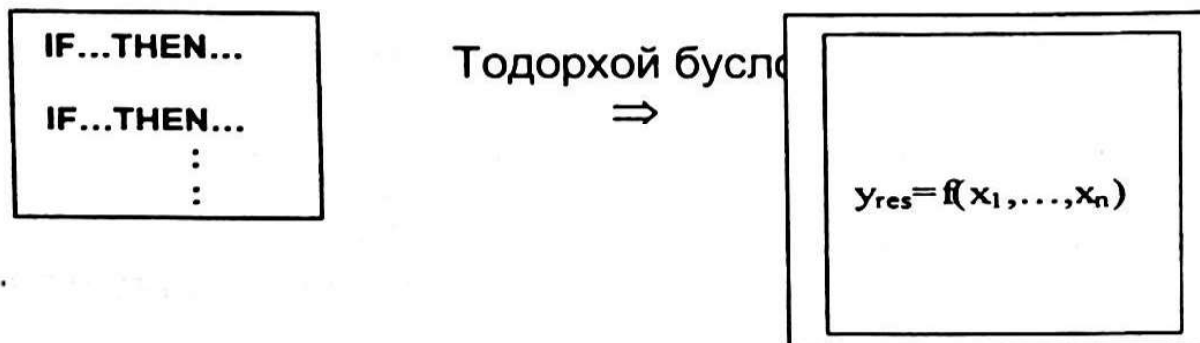
Энд тухайн процессын оролт болон гаралтын утгуудад харгалзах тодорхой бус олонлогууд, харьяаллын функцуудыг тодорхойлж тэдгээрийг лингвистик утга болон хувьсагчуудаар илэрхийлдэг. Жишээ нь температурыг түүний тоон утгаар (10°C, 20°C, 30°C...) биш халуун, дулаан, хүйтэн гэх мэт лингвистик

хувьсагчуудаар илэрхийлж болно. Энд температур нэртэй тодорхой бус олонлогийг үүсгэгч дээрх хувьсагчууд нь тус бүрдээ харъяаллын функц болон лингвистик утгуудтай. Харъяаллын функцуудын тархалтын хэлбэр нь гурвалжин, трапеци, Гауссын тархалт зэрэг янз бүрийн хэлбэртэй байдаг.

2.2 Шийдвэр гаргагч нэгж.

Тодорхой буюу сонгодог удирдлагын системд процессын оролт гаралтын хамаарал нь математикийн хувьд нэлээд төвөгтэй дифференциал тэгшитгэлээр илэрхийлэгддэг бол тодорхой бус системд энэ хамаарал нь тухайн процессын талаархи мэдлэгт суурилсан дүрмүүдээр илэрхийлэгдэнэ. Эдгээр дүрмүүд нь урьдчилсан нөхцөл болон гарах үр дүн (IF...THEN...) гэсэн хоёр үндсэн хэсгээс бүрдэнэ. (Зураг 2) Дээрх жишээний хувьд, өрөөний температур хүйтэн бол завсрын станц дахь вентилыг илүү нээж халаалтыг нэмнэ гэсэн дүрмийг зохиож болно.

Энд шийдвэр гаргах өөр өөр аргууд байдаг ба тэдгээр нь тодорхой бус логикийн БА болон БУЮУ үйлдлийг илэрхийлж буй хэлбэрүүдээрээ ялгагдана. Мөн дүрмүүдийг дээрх хэлбэрүүдээс нь хамаарч хооронд нь янз бүрийн аргаар холбож өгдөг. Түгээмэл хэрэглэгддэг тодорхой бус шийдвэр гаргагч үйлдлүүдэд Минимум, Үржвэр, Лукасевичийн болон Клеен-Динесийн аргууд ордог.



Зураг 2.2. Шийдвэр гаргах байгууламжийн ерөнхий блок схем

Тодорхой бус удирдлагын үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн нэг шийдвэр гаргах байгууламжид оролт гаралтын хамаарлыг дүрэмд суурилан бий болгодог.

2.3 Тодорхой болгогч байгууламж

Дүрэмд суурилсан дамжууллын системийн 3 дахь байгуулагч нь тодорхой болгогч нэгж юм. Энд шийдвэр гаргах нэгжийн үр дүн болох тодорхой бус утгыг тодорхой болгосноор тэр нь тодорхой бус системийн гаралт болдог.

Тодорхой болгогч нэгж болон шийдлийн (inferenz) алхам дахь янз бүрийн үйлчлэлийн хүчин зүйлсээс шалтгаалан гаралтын фаззи олонлог нь маш ялгаатай илэрхийлэгддэг. Үүнээс, гаралтын фаззи олонлогийн ямар (аль) тодорхой утга нь илэрхийлэгдэж гарах вэ гэсэн асуудал гарч ирнэ. Энэхүү тодорхой бус олонлогоос нэг тодорхой утга гаргах явцыг дефаззификаци буюу тодорхой болгох гэнэ.

Тодорхой болгох хэд хэдэн үндсэн арга байдаг:

1. *Максимумын арга*
2. *Максимумын дундажийн арга*
3. *Талбайн хүндийн төвийн арга*
4. *Өргөжүүлсэн талбайн хүндийн төвийн арга*
5. *Пульсын хүндийн төвийн арга*

Ийнхүү бид тодорхой бус тохируулгын системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн тухай товч авч үзлээ.

3. Тодорхой бус тохируулгын системийн хэрэглээ, туршилт, тооцоо

3.1. Саатлын хугацаа ихтэй процесс дэх тодорхой бус тохируулгын ерөнхий загварчлал

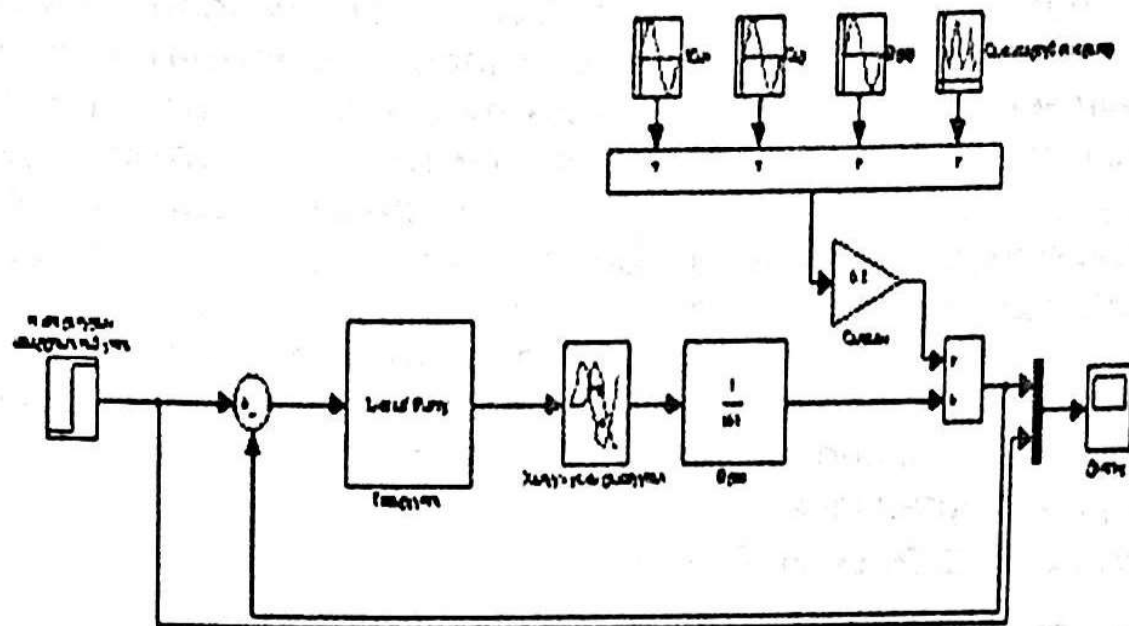
Орчин үед үйлдвэрлэлийн автоматжуулалтын системд ашиглаж байгаа олон удирдлагын системийн нэг нь тодорхой бус удирдлага юм. Энэ нь тодорхой бус логик дээр үндэслэгдэн дүрэмд суурилагдсан байдаг тул түүнийг ашиглахын тулд уг удирдагдах процессын тухай мэдээллийг цуглуулан, түүнд суурилагдсан эксперт системийг бий болгодог.

Тодорхой бус тохируулгын системийг анх 1980-аад оны үеэр Япон улсад цементийн үйлдвэрийн автоматжуулалтад ашигласан бөгөөд одоо үед зөвхөн үйлдвэрлэлийн системийн автоматжуулалтанд төдийгүй дуу болон дүрс танин мэдэхэд, динамик системийг тодорхойлох, аливаа оношлогоо хийх, автомашины болон бүх төрлийн ахуйн цахилгаан хэрэгслийн удирдлагад өргөнөөр ашиглах болжээ

Жишээ болгон тодорхой бус тохируулгыг тохируулгын системийн хүндрэлтэй асуудлын нэг болох саатлын хугацаа ихтэй процессийн удирдлагад хэрхэн ашиглах боломжтойг судалж энд харуулав.

Үйлдвэрлэлийн автоматжуулалтад саатлын хугацаа ихтэй процессийг удирдахад сонгодог удирдлага ашигладаг бөгөөд энд удирдлагын систем тогтворгүйжих, аливаа гадны нөлөөнөөс шалтгаалан характеристик өөрчлөгдөх, хүссэн хэмжигдэхүүнийг гаргаж авч чадахгүй байх зэрэг дутагдлууд гарч ирдэг. Тэгвэл тодорхой бус тохируулга ашиглан эдгээр дутагдлуудыг арилгаж,

саатлын хугацаа ихтэй процессийг удирдах боломжтой гэж үзсэн.



Зураг 3.1.1 Саатлын хугацаа ихтэй процессийн ерөнхий загвар

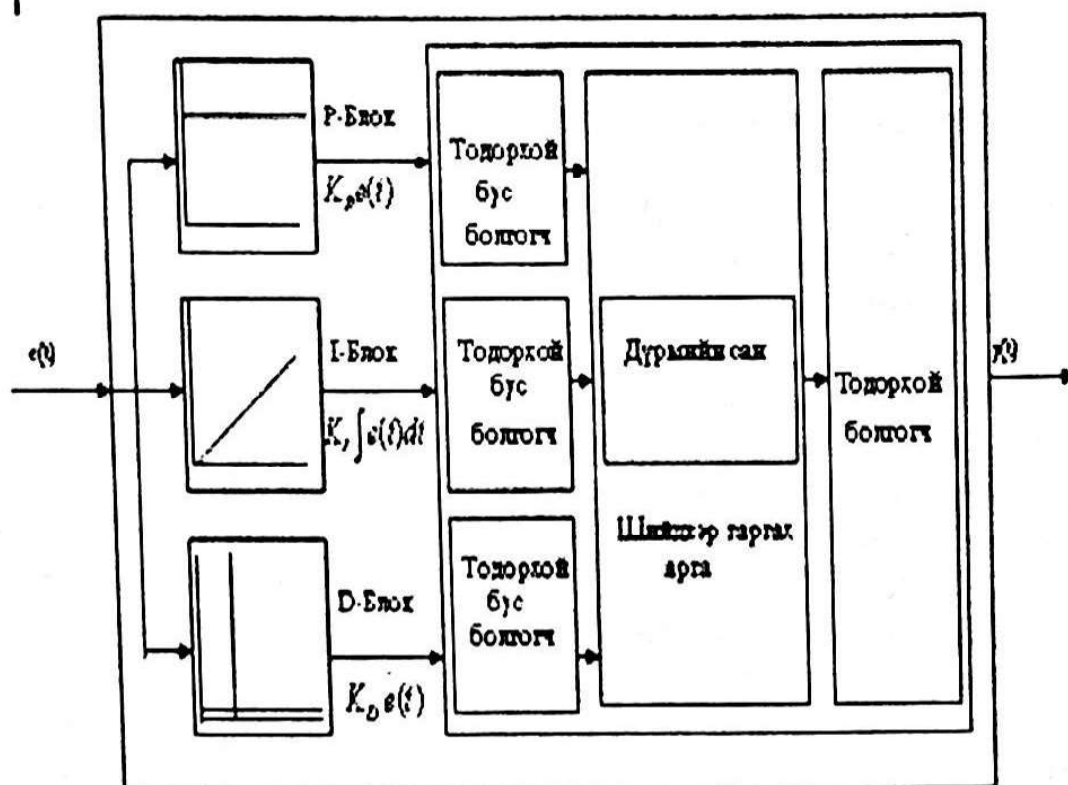
Саатлын хугацаа ихтэй процесс үйлдвэрлэлийн системд элбэг байдаг бөгөөд тэдгээрийн нэг болон өрөөний агаарын температурыг тогтвортой байлгах процессийг удирдах тохируулгын схемийг авч үзье.

Энд өрөөний агаарын температурын тухайн үеийн хэмжигдэхүүн буюу тохируулах хэмжигдэхүүнийг мэдрүүрийн тусламжтай мэдэж, хэрэглэгчийн өрөөний температурын хүссэн утга болох өгөгдөх хэмжигдэхүүнтэй жишиж тэдгээрийн ялгавар болох харьцуулагдсан хэмжигдэхүүнийг тэг байлгахад тохируулгын зорилго оршино.

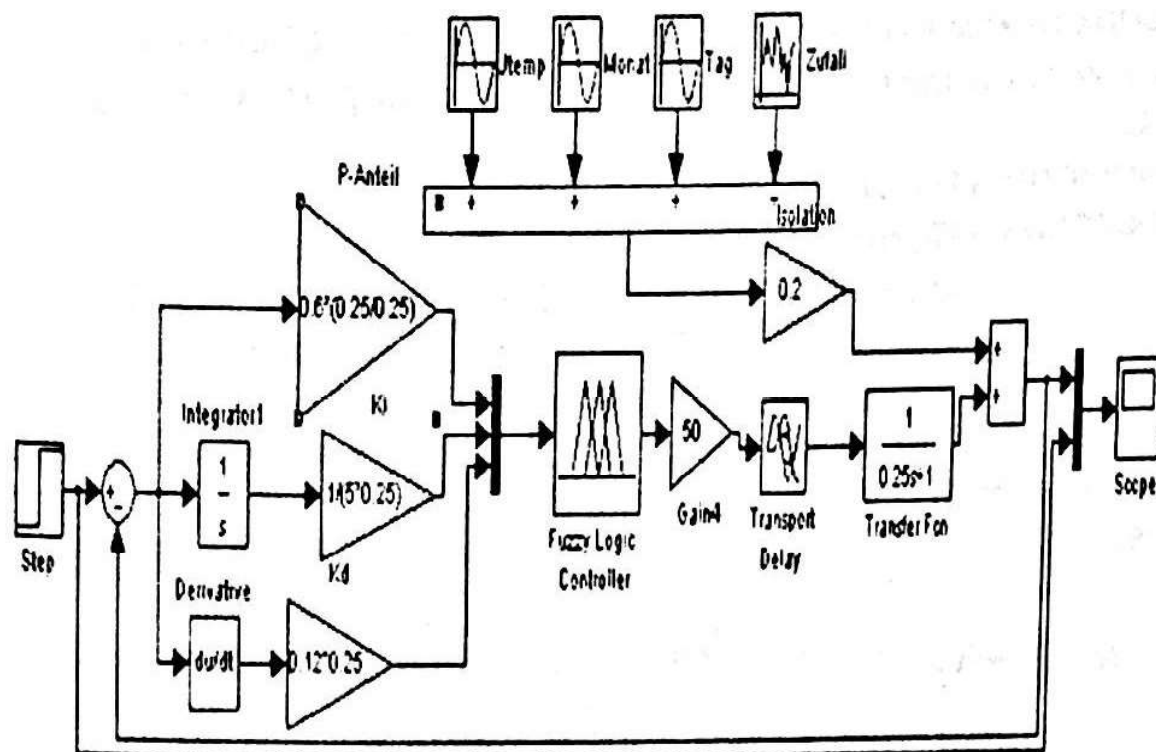
Тохируулгын оролтод ялгавар температур орох ба цахилгаан станцаас гарч буй халуун ус нь тодорхой

саатлын хугацааны дараа өрөөнд ирэх тул энэ хоорондохыг саатлын хугацааны блокоор, процесс явагдаж байгаа өрөө нь дулаан хадгалах байгууламжийн нэг тул PT1 блокоор тус тус илэрхийлсэн. Гадны нөлөөллийг тооцохдоо гадаах агаарын температурыг цаг уурын мэдээллийн олон жилийн дунджийн утгыг ашиглан амплитуд фазаараа ялгаатай синус генератор, цонх нээгдэх болон хаалга онгойх зэрэг саадыг санамсаргүй хэмжигдэхүүний генератороор тус тус блок болгон ашигласан ба нийт саадыг изоляцийн зэргээр тооцсон болно. Тохируулгын гаралтад тухайн үеийн өрөөний агаарын температураас шалтгаалж халуун усны хэмжээтэй пропорциональ хэмжээ бүхий вентилийн байрлал харгалзана.

Тодорхой бус PID Тохируулга



Зураг3.1.2 Тодорхой бус PID тохируулгын бүтэц



Зураг3.1.3 Тодорхой бус PID тохируулга бүхий саатлын хугацаа ихтэй процессийн удирдлагын ерөнхий схем

3.2 Сонгосон процесс дах удирдлагын системийн тооцоо, туршилт

Сонгосон процессийн загварыг сонгодог болон тодорхой бус удирдлагын хувьд Matlab- Simulink программ ашиглан гаргаж, үр дүнг харьцуулсан болно.

Энд удирдлагын схемийн оролтууд нь ялгавар температур болон түүний интеграл, дифференциал байгуулагчууд юм.

Бүлэг 1-д өгүүлсэн үе шатын дагуу харгалзах тооцоо тодорхойломжийг энд үзүүлэв.

Энд жишээ болгож, ялгавар температурыг авч үзье.

Лингвистик хувьсагч :Ялгавар температур

Тодорхой хэмжигдэхүүний нэгж : Целсиус ($^{\circ}$ Celsius)

Үндсэн олонлог $t \in T$: $-15^{\circ}\text{C} \leq \text{Ялгавар температур} \leq 75^{\circ}\text{C}$

Лингвистик утгууд : сөрөг, тэг, эерэг

Харьяаллын функцүүд : хязгаар-[0,1], хэлбэр

– сөрөг : $T_{\text{сөр}} = \{(x, mT_{\text{сөр}}(x)) \mid x \in X\}$

– тэг : $T_{\text{тэг}} = \{(x, mT_{\text{тэг}}(x)) \mid x \in X\}$

– эерэг : $T_{\text{ээр}} = \{(x, mT_{\text{ээр}}(x)) \mid x \in X\}$

Одоо 3 оролтод утга олгон цаашид тодорхой бус алхмууд хэрхэн гүйцэтгэгдэж тодорхой утга гарахыг жишээгээр үзье.

ΔT : (Оролт 1) $\mu_{\text{null}}(30^{\circ}\text{C}) = 0.25$

$\mu_{\text{pos}}(30^{\circ}\text{C}) = 0.6$

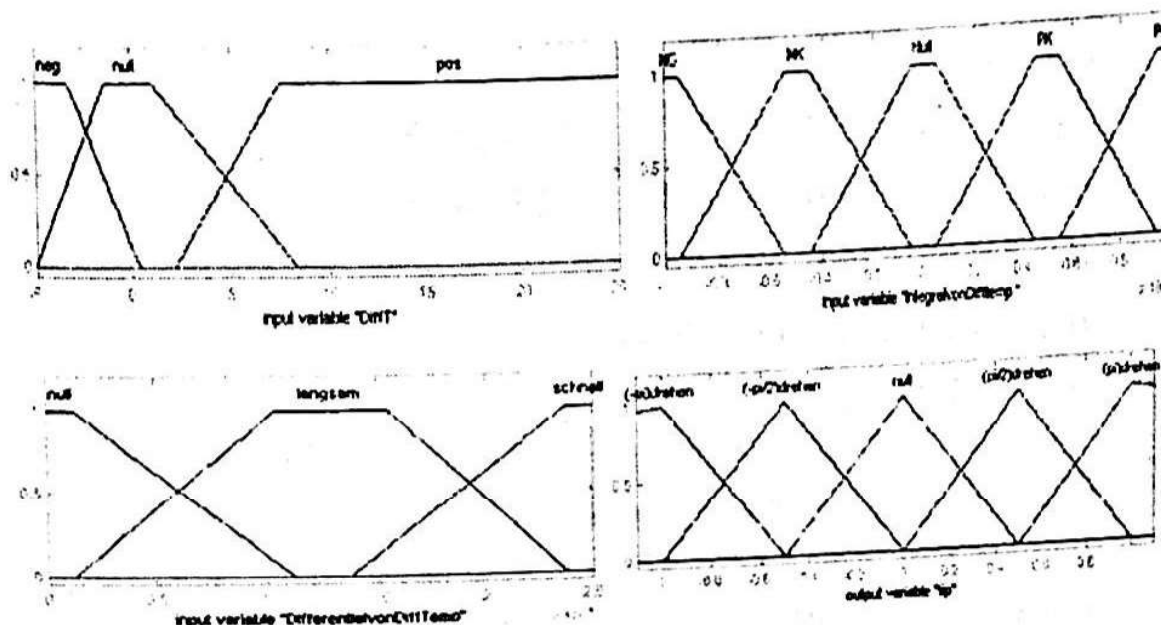
f : (Оролт 2) $\mu_{\text{spos}}(20) = 0.2$

$\mu_{\text{bpos}}(20) = 0.75$

diff : (Оролт 3) $\mu_{\text{slow}}(2.2 \cdot 10^4) = 0.25$

$\mu_{\text{fast}}(2.2 \cdot 10^4) = 0.75$

Оролтын хувьсагчдын харгалзах лингвистик олонлогийн харьяаллын зэргийг дээр тодорхойлов.



Зураг3.2.1. Оролт болон гаралтын лингвистик утгуудын харьяаллын функцүүд.

Хүснэгт3.2.1 Оролт гаралтын хамаарлыг дүрмээр үзүүлэв.

Дүрэм	Оролт 1 (ΔT)	Оролт 2 (j)	Оролт 3 (∂diff)	Гаралт (φ)
24	тэг	бага зэрэг	Удаан	$\pi/2$
25	тэг	бага зэрэг	хурдан	$\pi/2$
29	тэг	их зэрэг	Удаан	π
30	тэг	их зэрэг	хурдан	π
40	ээрэг	бага зэрэг	-	π
41	ээрэг	их зэрэг	-	π

- Урьдчилсан нөхцлүүдийн хоорондын холбоос (Aggregation) :

Томьёо 2 ёсоор харгалзах дүрмүүдийн хэрэгжилтийн зэргийг олъё.

$$\mu_{24} = \min(0.25; 0.2; 0.25) = 0.2 \rightarrow \pi / 2$$

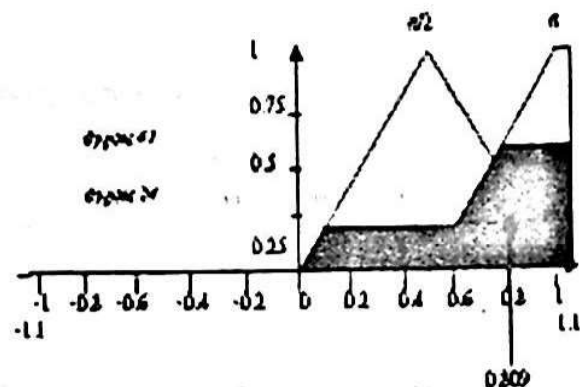
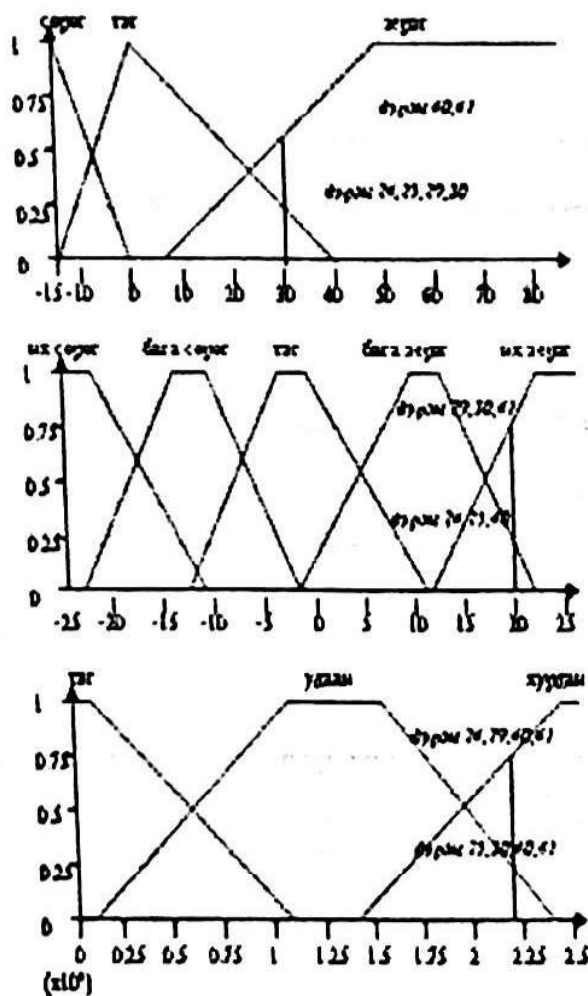
$$\mu_{25} = \min(0.25; 0.2; 0.75) = 0.2 \rightarrow \pi / 2$$

$$\mu_{29} = \min(0.25; 0.75; 0.25) = 0.25 \rightarrow \pi$$

$$\mu_{30} = \min(0.25; 0.75; 0.75) = 0.25 \rightarrow \pi$$

$$\mu_{40} = \min(0.6; 0.2) = 0.2 \rightarrow \pi$$

$$\mu_{41} = \min(0.6; 0.75) = 0.6 \rightarrow \pi$$



Зураг 3.2.2 Тодорхой үр дүнг гаргах байгууламжийн ажиллагааны дүрслэл

- Шийдвэр гаргах шат (Implication) :
Томьёо 3-аас:

$$\mu'_{24} = \min[G_P(\pi/2); \mu(\pi/2)] = \min[0.2; \mu_{\pi/2}]$$

$$\mu'_{25} = \min[G_P(\pi/2); \mu(\pi/2)] = \min[0.2; \mu_{\pi/2}]$$

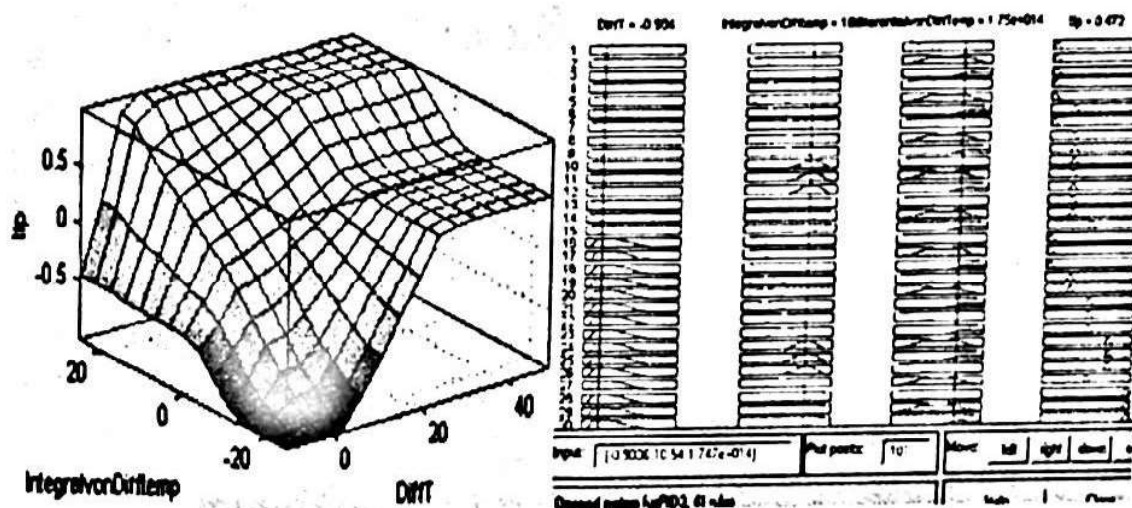
$$\mu'_{29} = \min[G_P(\pi); \mu(\pi)] = \min[0.25; \mu_{\pi}]$$

$$\mu'_{30} = \min[G_P(\pi); \mu(\pi)] = \min[0.25; \mu_{\pi}]$$

$$\mu'_{40} = \min[G_P(\pi); \mu(\pi)] = \min[0.2; \mu_{\pi}]$$

$$\mu'_{41} = \min[G_P(\pi); \mu(\pi)] = \min[0.6; \mu_{\pi}] \text{ гарна.}$$

Дээрх дүрмүүд нь оролтын лингвистик олонлогуудын огтлолд харгалзан идэвхжих дүрмүүд болно.



Зураг 3.2.3

- Шийдвэр гаргах байгууламжийн дүрмийн 3 хэмжээст огторгуй дах дүрслэл
- Оролтын утгууд болон тэдгээрээс шалтгаалсаг гаралтын симуляци программ дах дүрслэл

- Идэвхтэй дүрмүүдийг нэгтгэх (Accumulation) :

Одоо бүх идэвхтэй дүрмүүдийг нэгтгэж нийт идэвхтэй байгаа дүрмүүдийн хамгийн их хэрэгжүүлэлтийн зэргээр тодорхойлогдсон талбайг гаргана.

Томьёо 4-өөс дүрэм тус бүрийн хэрэгжилтийн хамгийн их зэргийг олъё.

$$\mu_{\pi/2} = \max[\mu'_{24}, \mu'_{25}] = 0.2$$

$$\mu_{\pi} = \max[\mu'_{29}, \mu'_{30}, \mu'_{40}, \mu'_{41}] = 0.6$$

- Тодорхой үр дүн гаргах (Defuzzification) :

Идэвхжсэн буюу дүрмүүдийн харьяаллын хамгийн их зэргээр тайрагдсан талбайнаас тодорхой үр дүнг гаргахдаа талбайн хүндийн төвийн аргыг ашиглав.

$$\mu_{res} = \begin{cases} y_1 = 2x & x \in [0; 0.1[\\ y_2 = 0.2 & x \in [0.1; 0.6[\\ y_3 = 2x - 1 & x \in [0.6; 0.8[\\ y_4 = 0.6 & x \in [0.8; 1[\end{cases}$$

$$\mu_{res_i} = \int_{x_0}^{x_u} (ax + b) dx = \left(\frac{a}{2} x^2 + bx \right) \Big|_{x_0}^{x_u} = \frac{a}{2} (x_u^2 - x_0^2) + b(x_u - x_0)$$

Өөр өөр муруйгаар хязгаарлагдсан талбайнуудын хүндийн төвийг тус тусад нь гаргая.

$$\mu_{res1} = \frac{2}{2} (0.1^2 - 0) + 0(0.1 - 0) = 0.01 \quad s=m$$

$$\mu_{res2} = \frac{0}{2} (0.6^2 - 0.1^2) + 0.2(0.6 - 0.1) = 0.1$$

$$\mu_{res3} = \frac{2}{2} (0.8^2 - 0.6^2) - 1(0.8 - 0.6) = 0.08$$

$$\mu_{res4} = \frac{0}{2}(1.1^2 - 0.8^2) + 0.6(1.1 - 0.8) = 0.18$$

$$x_{S_i} = \frac{\int_{x_0}^{x_u} x(ax+b)dx}{\int_{x_0}^{x_u} (ax+b)dx} = \frac{\left(\frac{a}{3}x^3 + \frac{b}{2}x^2\right)\Big|_{x_0}^{x_u}}{\left(\frac{a}{2}x^2 + bx\right)\Big|_{x_0}^{x_u}} = \frac{\frac{a}{3}(x_u^3 - x_0^3) + \frac{b}{2}(x_u^2 - x_0^2)}{\frac{a}{2}(x_u^2 - x_0^2) + b(x_u - x_0)}$$

(2)

Талбайн хэсгүүдийн хүндийн төвийн тус бүрийн X координатыг тооцоолъё.

$$x_{S_1} = \frac{\frac{2}{3}(0.1^3 - 0) + \frac{0}{2}(0.1^2 - 0)}{0.01} \approx 0.07$$

$$x_{S_2} = \frac{\frac{0}{3}(0.6^3 - 0.1^3) + \frac{0.2}{2}(0.6^2 - 0.1^2)}{0.1} = 0.35$$

$$x_{S_3} = \frac{\frac{2}{3}(0.8^3 - 0.6^3) - \frac{1}{2}(0.8^2 - 0.6^2)}{0.08} \approx 0.72$$

$$x_{S_4} = \frac{\frac{0}{3}(1.1^3 - 0.8^3) + \frac{0.6}{2}(1.1^2 - 0.8^2)}{0.18} = 0.95$$

Талбайн хэсэг тус бүрийн хүндийн төвийн координатуудыг олсон тул тодорхой үр дүн болох

ерөнхий хүндийн төвийн координатыг томъёо 5 ашиглан гаргая.

$$x_S = \frac{0.01 \cdot 0.07 + 0.1 \cdot 0.35 + 0.08 \cdot 0.72 + 0.18 \cdot 0.95}{0.01 + 0.1 + 0.08 + 0.18} \approx 0.8$$

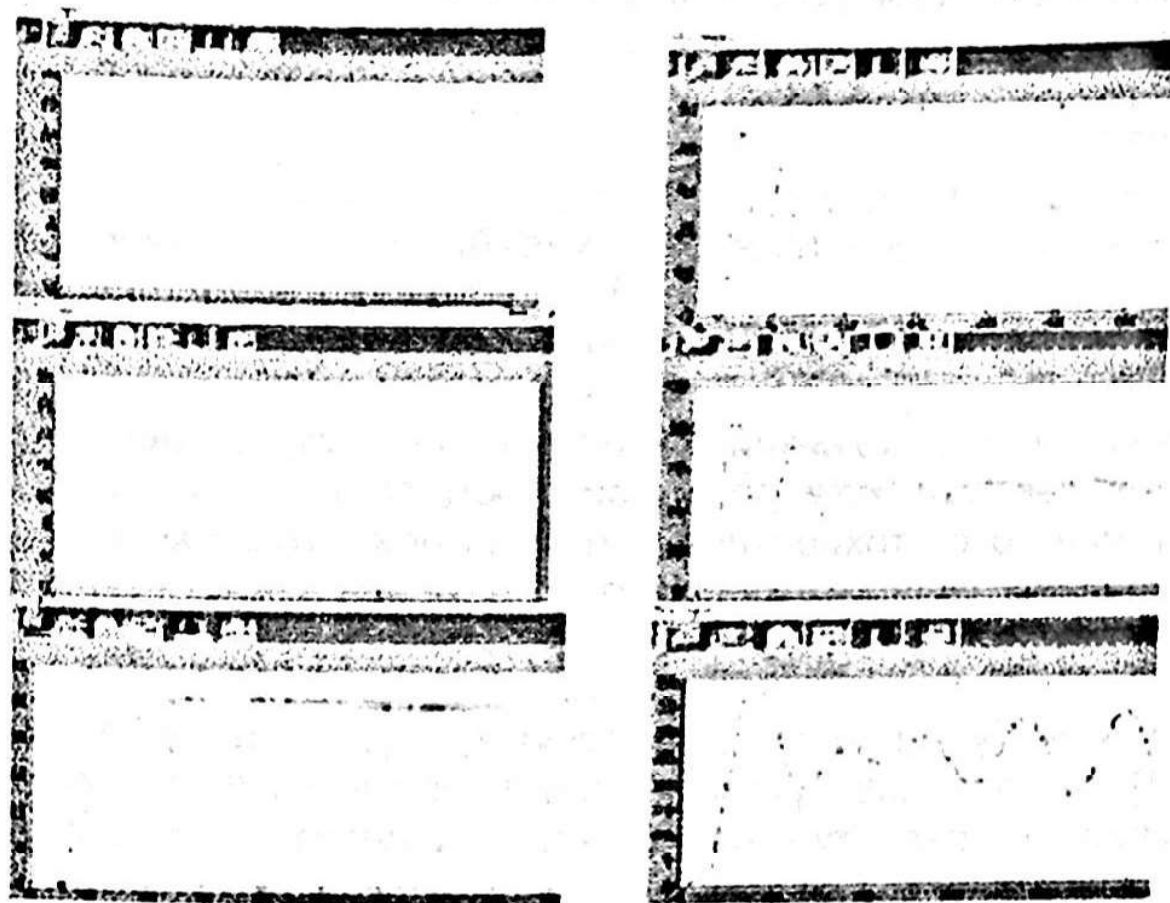
Ийнхүү бидний авсан утгад гаралтын олонлогийн 0.8 тодорхой утга харгалзах ба түүнийг гаралтын лингвистик илэрхийллийн тодорхойломжоос харж, энэ нь вентилийг л өнцгөөр эргүүлэх олонлогт харьяалагдаж байгааг хялбар харж чадна.

Тодорхой логикт тодорхой бус Ба болон Буюу үйлдлүүд нэг л хэлбэртэй байхад тодорхой бус логикт олон янз байдаг. Тодорхой бус Ба үйлдэлд ямар үйлдэл ашигласнаас шалтгаалж шийдвэр гаргах байгууламж нь олон янзаар шийдвэрийг гаргадаг. Манай жишээнд максимум-минимум шийдвэр гаргах арга буюу Мамданы аргыг ашигласан. Мөн тодорхой үр дүнг гаргах олон арга байдгаас бодит утгад хамгийн дөхөм утга гаргадаг нь хүндийн төвийн арга бөгөөд бид энд хүндийн төвийн аргыг ашигласан.

Тодорхой бус болон сонгодог удирдлагын системийн ажиллагааг саатлын хугацааны зарим утгуудад харьцуулав.

$$220 = \frac{280 - 210}{210} \cdot 100 = 33.3\%$$

Нийлбэр нэмэгдэх нэгдүгээрт төсөх нийлбэр
хоног чүд дүр харахадот нүгт ноого тэдүүтөнхэрх



Зураг 3.2.4. Сонгодог болон тодорхой бус удирдлагын системийн саатлын хугацааны өөр утгууд дах ажиллагааны харьцуулалт

Энд 1-р баганад тодорхой бус удирдлагын ажиллагааг, 2-р баганад сонгодог удирдлагын ажиллагааг тус тус үзүүлэв. Мөрүүд нь саатлын хугацаагаар хоорондоо ялгаатай ба харгалзан саатлын хугацаа 0.5, 2.5, 5 цаг, харин тогтмол хугацаа буюу өрөөний агаарын температур халаалт ирсний дараа тогтворжих хүртэлх хугацаа 0.25 цаг болно.

Ийнхүү саатлын хугацааны тодорхой хязгаараас эхлэн сонгодог удирдлагаар тохируулагдахгүй процессийг

тодорхой бус тохируулгыг ашиглаж удирдаж болохыг бид харлаа.

Дүгнэлт

1. Сонгодог удирдлагаар хэдийгээр тохируулгын техникийн нилээд процессийг удирдаж болох боловч удаан үргэлжлэх процесс нь саатлын хугацаанаас шалтгаалж удирдагдахгүй болох тохиолдлууд гардаг.
2. Тохируулгын техникийн хүндрэлтэй асуудлуудын нэг болох саатлын хугацаа ихтэй процессийн удирдлагад шугаман бус тохируулгын нэг болох тодорхой бус удирдлагыг ашиглах боломжтой болохыг энэ өгүүлэлд харууллаа.
3. Тодорхой бус удирдлагад аливаа оролтын утгуудыг тодорхой бус олонлогт хамааруулж, тодорхой бус утгад [0.1] завсарт шилжүүлэн цаашид боловсруулалт хийж байгаа (хялбар) тул нэг загварт оруулсан, системтэй болгодог байна.
4. Тодорхой бус удирдлагад тухайн процессийн талаарх мэдээллийг цуглуулж, мэдлэгийн санг бүрэн гүйцэд бүрдүүлж тохирсон загварыг гаргаж авах нь чухал болохыг харууллаа.
5. Саатлын хугацаа ихтэй процессийг удирдах тодорхой бус тохируулгын дүрмийг загварчилж сонгодог удирдлагын системтэй харьцуулалт хийж ажиллагааны саатлын хугацааны заагийг тодорхойлов.

Abstract

Fuzzy controls are special control systems that use rules to model process knowledge in an explicit way. Instead of

designing algorithms that explicitly define the control action as a function of the controller variables.

Fuzzy Control consists of 3 major blocks: fuzzification unit, decision unit and defuzzification unit.

In this work, we used the fuzzy control for long deadtime process control. One of those processes is the heating system control in your living room. For simulating the process with conventional and fuzzy control we used Matlab Simulink program. And we made the decision that the fuzzy control is more effectively and stable than classical control systems for a long deadtime process.

Ашигласан ном хэвлэл

1. Georg Jaanineh, Markus Maijohann "Fuzzy-Logik und Fuzzy Control", 1. Auflage, Wuerzburg:Vogel 1996, ISBN-3-8023-1535-9
2. H.-J. Zimmermann "Fuzzy Set Theory and its applications"
3. Joerg Kahlert, Hubert Frank "Fuzzy- Logik und Fuzzy-Control" verbesserte und erweiterte Auflage Braubschweig/ Wiesbaden1994. ISBN 3-528-15304-0.
4. Hans- Heinrich Bothe "Fuzzy Logic" 2.Aufl. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1995 . ISBN 3-540-56967-72