

## ГАЗАР АШИГЛАЛТЫН ТОХИРОМЖТОЙ БАЙДЛЫН ҮНЭЛГЭЭ ХИЙХ АРГА ЗҮЙ

Байгаль дээрх түргэн хувьсах элементүүдийн мониторинг хийх, байгалийн нөөцийг үнэн зөв тодорхойлох төрөл бүрийн сэдэвчилсэн судалгаа явуулах, олон төрлийн газрын зургуудыг зохиох, ГМС-ийн давхаргуудыг шинэчлэх, баяжуулахад сансрын мэдээ нь шинэлэг сэдэвчилсэн мэдээллээр хомс манай орны хувьд ихээхэн ач холбогдолтой юм.

Сансрын техник, технологийн хөгжлийн түвшин шинэ шатанд гарсан энэ цаг үед орон зай харгалзахгүйгээр дэлхийн аль ч орны хувьд тандан судалгааны анхдагч мэдээ болон боловсруулалт, тайлал, дүн шинжилгээний үр дүн бүрийг ГМС-д харгалзах боломж бий болсон бөгөөд уг үр дүнг бусад статистик өгөгдлүүдтэй уялдуулан аливаа төлөвлөлт, шийдвэр гаргахад ашиглах боломжтой болоод байна (Д.Амарсайхан, 2012). Тийм учраас ГМС-д тулгуурлан газрын тохиромжтой байдлыг үнэлэх, үнэлгээнд хэрэглэж болох аргазүйн үндсийг судлан боловсруулах, газрыг ангилж зэрэглэхэд шаардагдах хүчин зүйлүүдийн шалгуур үзүүлэлтийг боловсруулсан.

Орон зайн сэдэвчилсэн мэдээнүүдийг ГМС-д оруулж, түүнийгээ олон шалгуурт анализ, мэдлэг ба хамаарлын менежментэд суурилан шийдвэр гаргагч нарт хэрэгтэй мэдээлэл боловсруулна. Орон зайн олон шалгуур анализыг ашиглахдаа байгаа мэдээнд тулгуурласан зарчмыг баримталж болохгүй бөгөөд асуудал шийдэх зарчмыг баримтлах нь зүйтэй.



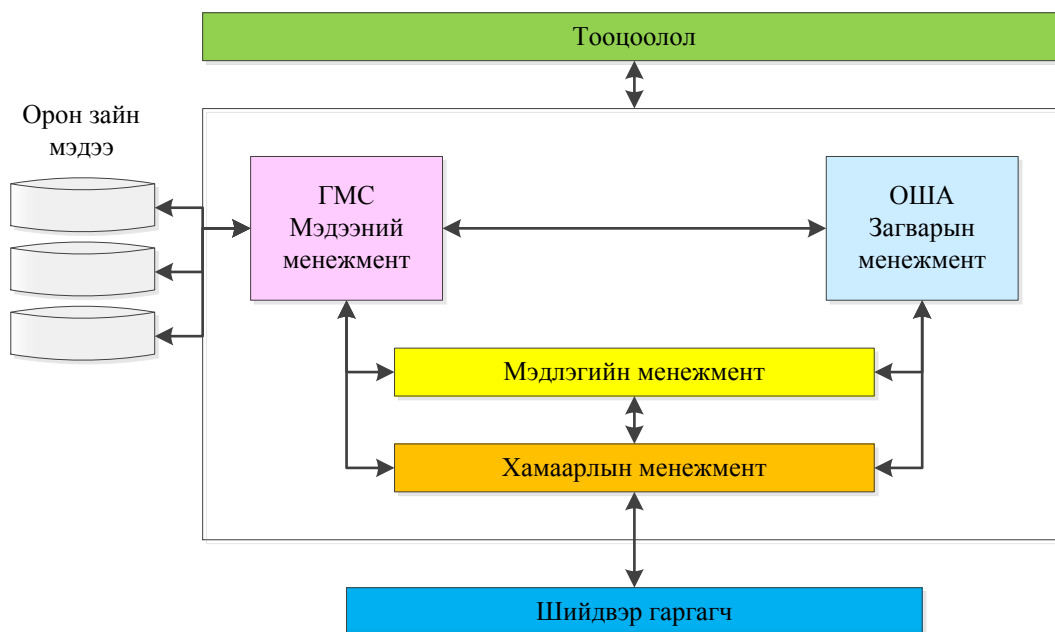
Зураг 1. Орон зайн олон шалгуур анализын ажиллах зарчим

### 1. Үнэлгээний ерөнхий арга зүй

Газар ашиглалтын тохиромжтой байдлын үнэлгээ хийхэд юуны өмнө дараах үндсэн гурван асуултад хариулах хэрэгтэй. Үүнд:

1. Юу? Тариалан, бэлчээрт, хөв, цөөрөм г.м
2. Хаана? Газарзүйн байршил
3. Хэзээ? Цаг хугацаа

Эдгээрээс хамгийн чухал нь хаана буюу орон зайн тодорхой мэдээлэл бөгөөд түүнийг боловсруулан гаргахдаа орон зайн олон шалгуурт анализыг ашиглана. Уг анализ нь дараах ерөнхий аргазүйд суурилдаг.



Эх сурвалж: (Looijen 2009)

**Зураг 2. Орон зайн олон шалгуурт анализын ерөнхий арга зүй**

Газар ашиглалтын тохиромжтой байдлын **үнэлгээг хийхдээ газарзүйн мэдээллийн систем дээр суурилсан олон шалгуурт шийдвэр гаргалтын (Multi criteria decision analysis) аргыг эрэмбэлэлтийн матрицын аргатай хослуулан** ашиглах бөгөөд газар ашиглалтын төрлөөр тохиромжтой байдлыг үнэлж, зураглах ажлыг дараах үе шаттайгаар хийж гүйцэтгэнэ. Үүнд:

- 1.1. Газар ашиглалтын тохиромжтой байдлын үнэлгээг суурь нөхцлийн (constraint map) аргаар үнэлэх;
- 1.2. Газар ашиглалтын тохиромжтой байдлын үнэлгээг олон шалгуурын (factor map) аргаар үнэлэх;
- 1.3. Олон шалгуурт дүн шинжилгээнд хүчин зүйлүүдийн жигнэсэн утгыг олох арга;
- 1.4. Нэгдсэн үнэлгээний зураг гаргах;
- 1.5. Алдааны нарийвчлалыг шалгах.

Газрын тохиромжтой байдлын үнэлгээний арга нь тоон болон чанарын гэсэн 2 төрлийн ерөнхий мэдээллийг агуулна (Баја нар). Чанарын арга нь газрыг тохиромжтой, дунд зэрэг тохиромжтой, тохиромжгүй гэх мэтээр чанарын хувьд газрын чадавхийг үнэлдэг, хоёрдох арга нь газрын тохиромжтой байдлыг тоон үзүүлэлтээр илэрхийлнэ.

### **1.1. Суурь нөхцлийн (constraint map) аргаар үнэлж, зураглах үе шат**

Суурь нөхцлийн зураг буюу constraint зураг гаргах, энэ нь зөвшөөрөх, хориглох гэсэн нөхцлийг илэрхийлдэг ба 0 болон 1 гэсэн тоон утгаар авах ба 0 утга нь боломжгүй буюу зөвшөөрөхгүй нөхцөл, 1 утга нь зөвшөөрөх буюу боломжит утгыг илэрхийлнэ.

Сонгон авсан үзүүлэлт тус бүрээр сэдэвчилсэн зураг үүсгэж, зургуудыг давхцуулж тухайн зориулалтаар ашиглах оновчтой газрыг сонгох дүн шинжилгээг Erdas Imagine, ArcGIS програм дээр хийнэ. Суурь нөхцлийн вектор зургуудыг *ArcToolbox- Conversion tool-Polygon to raster* командыг ашиглан Raster мэдээ болгон хөрвүүлж, зургуудын пикселийн утгыг үржүүлэх замаар нэгдсэн Constraint зургийг гаргана. Үржвэрийн үр дүнд 0 утгатай гарч байгаа бол ашиглахад нэн хүндрэлтэй, 1 гэсэн тоон утгатай бол хэвийн гэж үзнэ.

### **1.2. Олон шалгуурын (factor map) аргаар үнэлж, зураглах үе шат**

Factor зураг буюу олон шалгуур үзүүлэлт тус бүрийн нөлөөллийг илэрхийлсэн зургийг тооцон гаргана. Дээрх зориулалтаар оновчтой газар сонгоход нөлөөлөх хүчин зүйлүүдийн шалгуур үзүүлэлтийг 3-5 шатлалтай ангиллаар боловсруулж, хүчин зүйлийн үзүүлэлт бүрт тохируулан тогтоосон онооны (баллын) аргын үнэлгээг ашиглана [Eric Rapaport, Martin Bcklin нар].

### **1.3. Олон шалгуурт дүн шинжилгээнд хүчин зүйлүүдийн жигнэсэн утгыг олох арга**

Тохиромжтой байдлын үнэлгээнд олон хүчин зүйл (factor) ашиглаж байгаа үед энэ аргыг хэрэглэнэ. Олон хүчин зүйлүүдийг хооронд нь харьцуулахад нэг нь нөгөөгөөсөө илүү ач холбогдолтой нь эзлэх жингийн хувьд өндөр жин дарна. Шалгуур үзүүлэлтийг эрэмбэлэхдээ АНП (analytical hierarchy process) буюу шатлан захирах дүн шинжилгээний аргыг ашиглана (Saaty 1977). Энэ арга нь шалгуур үзүүлэлтийн эрэмбэлэлтийн матрицаар жингийн утгыг тодорхойлдог. Сонгон авсан хүчин зүйлүүдийг ач холбогдлоор нь эрэмбэлсэн шалгуур үзүүлэлтийн эрэмбэлэлтийн матрицыг ашиглан жингийн утгыг дараах томъёогоор тооцно.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

CR- Нийцлийн харьцаа буюу consistency ratio. CR-ийг тухайн матрицын санамсаргүй байдлаар бий болгосон магадлалыг тодорхойлоход ашигладаг (Saaty 1977).

RI- Санамсаргүй байдлын индекс буюу Random index (Saaty 1977).

CI- Нийцлийн индекс буюу consistency index

Эндээс;

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$\lambda_{max}$ - Матрицын хувийн утга

n- Матрицын гишүүний тоо (Saaty 1977)

CR > 0.1-ээс их бол жингийн харьцаа үнэмшил багатай учраас дахин эзлэх жингээ тооцох шаардлагатай.

CR ≤ 0.1-ээс бага бол жингийн харьцаа зөв бөгөөд дүн шинжилгээний үйл явц цааш үргэлжилнэ. Дундаж санамсаргүй нийцлийн индексийг хүснэгт 1-ээс харна.

**Хүснэгт 1. Дундаж санамсаргүй нийцлийн индекс (Permati, 1992)**

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

**1.4. Нэгдсэн үнэлгээний зураг гаргах**

Олон шалгуурт дүн шинжилгээнд хүчин зүйлүүдийн жигнэсэн утгыг тодорхойлсноор хүчин зүйл тус бүрийг жингийн утгаар үржүүлж давхарга бүрийн нийлбэрээр тохиромжтой байдлын индекс дараах томъёогоор тодорхойлогдоно.

$$S_i = \sum X_i * W_i$$

Эндээс;

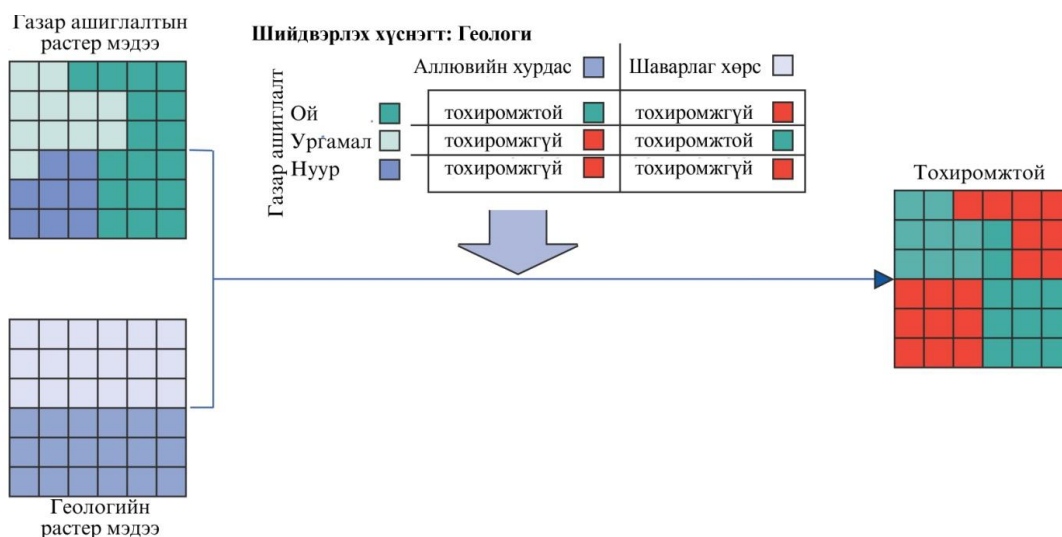
$X_i$ - Factor буюу хувьсагч хүчин зүйл

$W_i$ - Factor буюу хувьсагч хүчин зүйлийн жингийн утга

$S_i$ - Тохиромжтой байдлын индекс

**1.5. Алдааны нарийвчлалыг шалгах**

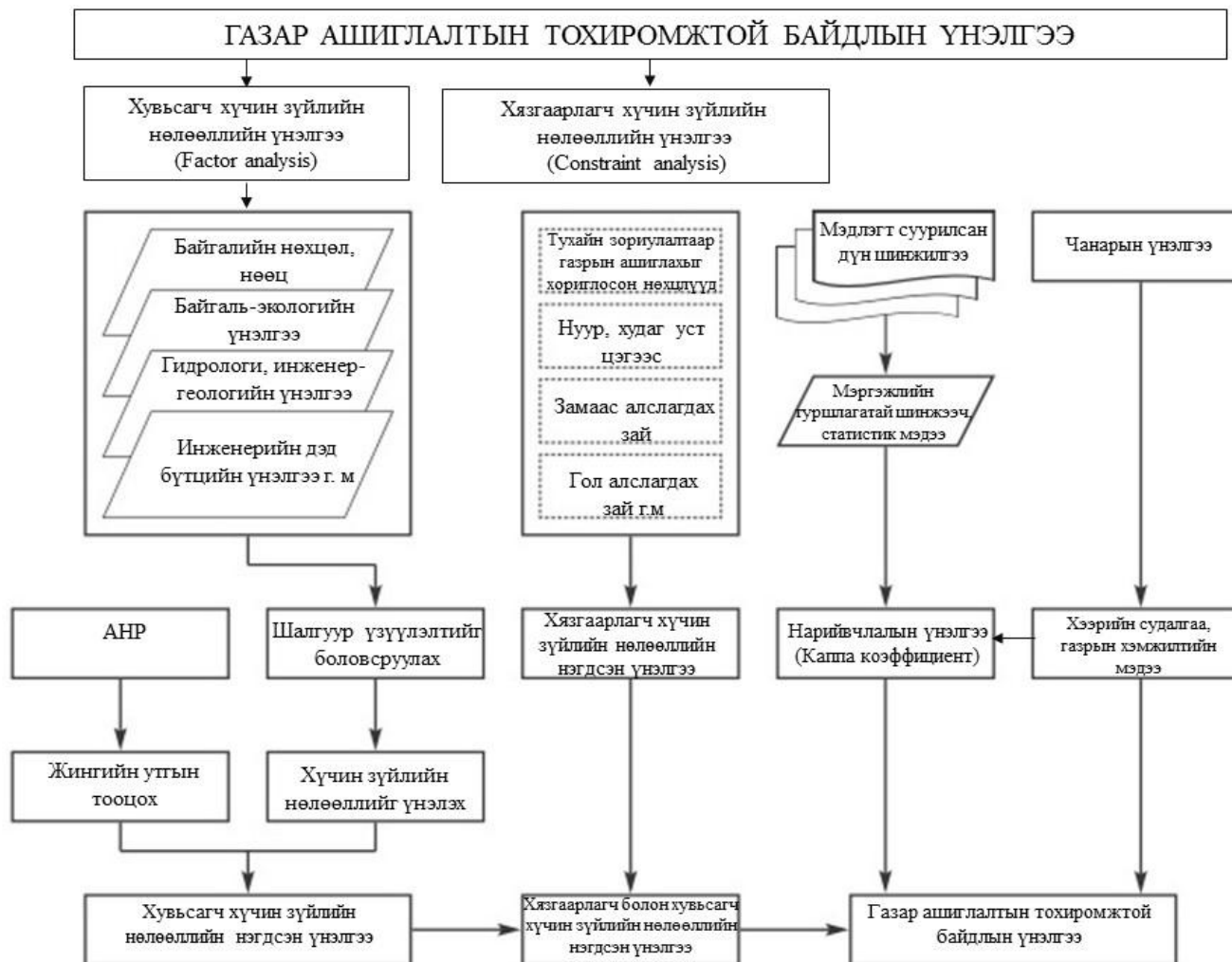
Олон хүчин зүйлийн шийдвэр гаргалтын аргад ГМС-ийг ашигласнаар гарах хүндрэлтэй асуудал нь нарийвчлал муу байх чанарын асуудлууд гардаг. Өөрөөр хэлбэл оруулж буй суурь мэдээллийн нарийвчлал, таарцаас хамаардаг. Үүнийг шалгахын тулд олон шалгуурт аргачлалыг мэдрэмтгий байдлын болон алдааны матрицын аргуудтай хослуулан ашиглана. Өөрөөр хэлбэл, орон зайн мэдээллүүд болох сэдэвчилсэн тоон зургуудыг растер хэлбэрт шилжүүлсний дараа хүчин зүйлүүдийг жинлэж, давхцуулах замаар аливаа орон зайн шийдвэр гаргалтад тохиромжтой эсэхийг үнэлнэ.



Эх сурвалж: (Алтансүх, Батцэнгэл et al. 2011)

**Зураг 3. Орон зайн олон шалгуурт анализ хийх арга**

ГМС дээр үндэслэн газар ашиглалтын тохиромжтой байдлын үнэлгээг хийхэд дараах концепцийн (conceptual) загварыг баримтална.



Зураг 4. Газар ашиглалтын тохиромжтой байдлын үнэлгээний загвар

## 2. Үнэлгээнд ашиглагдах бусад аргууд

Үнэлгээний дээр дурьдсан ерөнхий аргаас гадна тодорхой үр дүнгүүдэд хүрэхийн тулд бусад үнэлгээний үндсэн аргуудыг ашиглаж болно. Үүнд:

### 2.1. Хүчин зүйлүүдийн хоорондын хамаарлыг тооцох арга

Хүчин зүйлүүдийн хоорондын уялдаа холбоог илрүүлэхэд корреляцийн аргыг ашиглаж болно.

Корреляцийн коэффициентийг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$R = \frac{\sum(X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{n \sigma_x \sigma_y}$$

X, Y- арифметикийн дундаж утга

n- хяналтын цэгийн тоо

$\sigma_x$   $\sigma_y$ - бодож байгаа x, y утгын дисперс

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

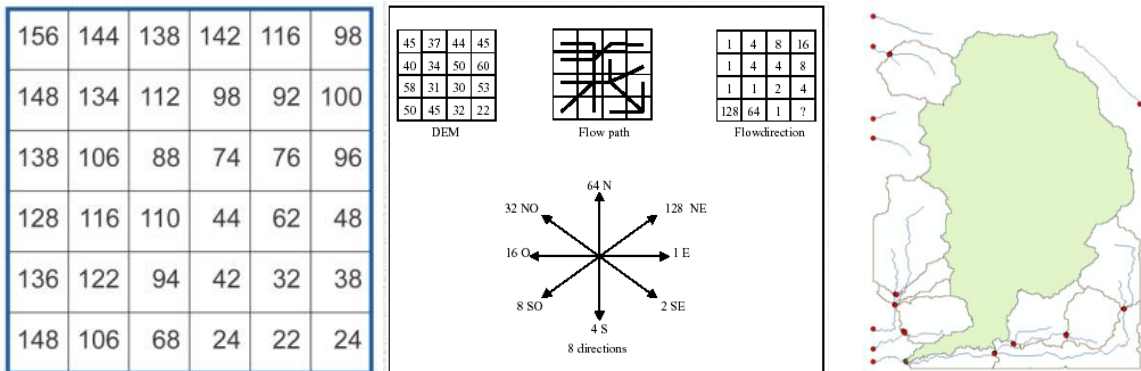
$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$\sigma_x = \frac{1}{n} \sum (X - \bar{x})^2$$

$$\sigma_y = \frac{1}{n} \sum (Y - \bar{y})^2$$

### 2.2. Детерминистик 8 загвар:

ӨТЗ-ын нэг пикселийг тойрох 8 пикселүүдийг харьцуулах замаар хамгийн өндөр ба нам цэгийг олж, түүгээрээ уламжлан гадаргын морфометрийн үзүүлэлтийг тодорхойлно.



Эх сурвалж: (ESRI 2012) ба (Алтансүх and Мөнхдаваа 2013)

Зураг 5. Детерминистик 8 загвар, чиглэлийн болон сав газрын тооцоолол

### 2.3. Чиглэлийн тооцоолол:

Детерминистик 8 загварын үр дүнг үндэслэн урсцын чиглэл, уртыг тогтооно.

### 2.4. Сав газрын тооцоолол:

Өмнөх хоёр аргын тооцоолол болон гаралтын цэгийн байршил дээр үндэслэн тухайн цэгт хуримтлагдах усны хэмжээ, түүнийг бүрдүүлж буй талбайн хэмжээнд тулгуурлан сав газрын байршил, талбай, периметр зэргийг тогтооно.

### 2.5. Налуугийн тооцоолол:

Нийт урт болон өндөршлийн ялгааг хооронд нь харьцуулах замаар налууг олно.

$$\text{Налуу, \%} = \frac{h1 - h2}{L} * 100$$

**2.6. CN (curve number) арга:**

$$\text{Урсац} = \frac{P - 0.2S}{P - 0.8S} \quad S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad CN_w = \frac{\sum(CN_i \times A_i)}{A}$$

P - хур тунадас, мм

S - хөрсний боломжит хуримтлал, мм

CN - curve number/оноо - хөрсний нэвчилтийг илэрхийлэх коэффициент

CN<sub>w</sub> - CN-ийн жинлэсэн утга

Cn<sub>i</sub> - i муж дахь CN-ийн утга

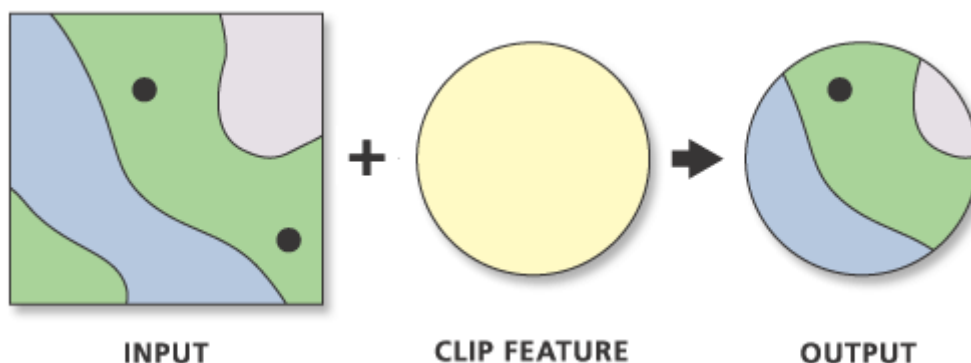
A<sub>i</sub> - i мужийн талбай, км<sup>2</sup>

A - ус хурах талбай, км<sup>2</sup>

CN утгыг АНУ-ын SCS (Soil conservation service)-ээс гаргасан TR-55 буюу “Urban hydrology for small watersheds” тайланд тусгагдсан Хүснэгт 2a-d-ээс авч ашиглав (USDA 1986).

**2.7. Клип (clip) анализ**

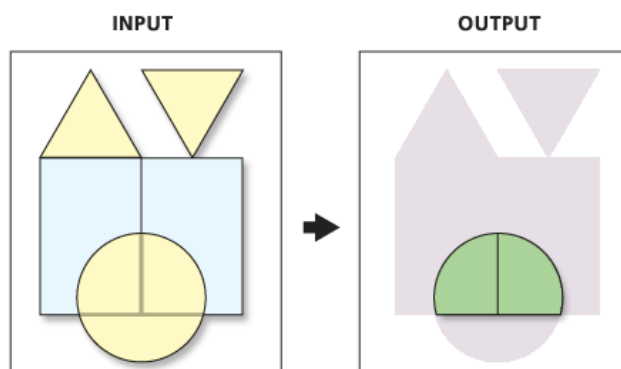
Орон зайн мэдээнүүдийг давхцуулах замаар оролтын мэдээг нөгөө мэдээний орон зайн хил хязгаараар зааглах болно.



Зураг 6. Клип анализ

**2.8. Давхиуулах арга**

Орон зайн мэдээнүүдийг давхцуулах замаар тэдний давхцыг илрүүлнэ.



Зураг 7. Давхиуулах арга

## 2.9. Бланей Криддл-Ивановын арга

Ууршицыг Бланей Криддл-Ивановын аргаар тооцно. Агаарын температур 5°C-с их байх үед Бланей Кридлийн томъёогоор, харин агаарын температур 5°C-с бага байх үед Ивановын томъёогоор тус тус бодно (Menzel, 2008). Агаарын температур 5°C-аас бага байх үеийн ууршиц тооцох Бланей Криддлийн томъёо:

$$ET = 3.6 \cdot 10^{-4} \cdot \left[ (25 + T)^2 \cdot \left( 1 + \frac{100 - rH}{100} \right) \right]$$

T - агаарын температур, °C

rH - харьцангуй чийгшил, %

Агаарын температур 5°C-аас их байх үед ууршиц тооцох Ивановын томъёо:

$$ETP = a + b(f(0.457 \cdot T + 8.128))$$

ETP - ууршиц, мм

a,b - параметр (a = -1.55, b = 1.13) (L.Menzel,2008)

T - агаарын температур, °C

f - итгэлцүүр