

Миний блоклон нураах уурхай ямар үнэ цэнтэй вэ?

Блоклон нураах уурхайн эрсдэлийн үнэлгээ

Jo-Anne Dudley ^{a,*}

^a Miner Ventures Pty Ltd, Австрали улс

Хураангуй

Маш олон төрлийн хүдрийн биетийг блоклон нурааж олборлох аргаар олборлох боломжтой эсэхийг нь үнэлж буй энэ үед тухайн төсөл ямар үнэ цэнэд хүрэхийг маш тодорхой гаргаж тавих шаардлага инженерүүдийн өмнө тулгарч байна. Энэхүү аргын ашиглалтын задал багатай байдал, өндөр бүтээмж (ашиглалтын системийн үр ашигтай байдал, олборлолтын том блокуудын ачаар) нь сайхан ч их хэмжээний хөрөнгө оруулалт шаарддаг, уурхай байгуулалтын хугацаа урт, харгалзан үзэх залруулгын итгэлцүүрүүд ихтэй тул эдийн засгийн үнэлгээ хийхэд тун ярвигтай.

Инженерүүдийн хувьд хүдрийн нөөцийн тооцоон дахь эрсдэлийг тооцох, хүдрийн бохирдол, олборлолт эхлэх үед хүдэр буулгах цэг эвдрэх, уурхайн хүрээнд ойрхон хүдэр юүлүүрүүдийг ашиглаж чадахгүй орхих, нураалтын таазнаас уулын цул ховхрох хурд хангалтгүй байх гэх мэтийн техникийн асуудлуудыг тодорхойлох бол хийдэг, чаддаг ажил. Мөн тэдгээртэй холбоотой хөрөнгө оруулалтын зардал ямар байдлаар савлаж өөрчлөгдөх, уурхайг бүтээн байгуулах болон хүчин чадал эзэмших хугацаа өөрчлөгдөх тухайд ч ярилцаж, ойлголцож болдог зүйл атал эд бүгдийг хамтад нь базсан мессэж л тэр бүр оролцогч талуудын сэтгэлд нийцээд байдаггүй.

Блоклон нураах аргын онцлогоос болоод шаардагдах зардал болон олборлолтын цар хүрээ асар том байдаг тул төслийг бүтээн байгуулах, төслийн хүчин чадал эзэмших эхэн үед цөөнгүй тооны эрсдэл нэгэн зэрэг биежих тохиолдолд төслийн эдийн засгийн үр ашигт мэдэгдэхүйц савлагаа үзүүлэх боломжтой. Олонхиор илүү бодитой гэж харж буй үр дүнг зорилгоо болгож тавиад түүндээ хүрэх сэтгэхүйд баригдсан судалгааны багууд хүдрийн нөөцийн үнэлгээ болон үйлдвэрлэлийн хуваарьт хэт болгоомжилсон олон үе шаттай тохируулгууд хийх хандлагатай байдаг. Гэвч хөрөнгө оруулалтын өрсөлдөөнт орчинд энэхүү хандлага нь яг үнэндээ маш ашигтай байх боломжтой төслүүдийн хөрөнгө оруулалтын болон бүтээн байгуулалтын ач холбогдлыг бууруулахад хүргэдэг. Эсрэгээрээ, хэт өөдрөг таамаглал хэзээ нэгэн цагт хэн нэгэн төслийн үнэ цэнийг бууруулах, хүдрийн нөөцийг багасгах зэрэг хүн бүхний хүсэшгүй бичилтүүдийг хийхээс аргагүй байдал уруу хөтөлдөг.

Технологийн дэвшлийн ачаар одоо олон төрлийн өгөгдлийг оруулан боловсруулж, төслийн хуваарийг олон хувилбараар гаргах боломж олгож байгаа бөгөөд ингэснээр эрсдэлийг боломжит үр дүнгүүдийн хүрээ гэж авч үзэх нөхцөл бүрджээ. Төслийн эрсдэлийг "тийм/үгүй" гэсэн эсрэгцсэн үр дүн гэхээс илүүтэйгээр тасралтгүй үргэлжлэх орчин гэж харах сэтгэлгээг оролцогч талуудад төлөвшүүлэх нь нэн чухал юм.

Блоклон нураах ажиллагааны төсөл боловсруулах, үнэлэх болон ашиглах чиглэлээрх зохиогчийн 30 жилийн туршлага дээр үндэслэн энэхүү өгүүлэлд эрсдэлийг үнэлэх арга зүйг танилцуулж, хүдрийг өөрийн жингээр нь нураах төслийн үнэлгээнд нөлөөлж асан гол хүчин зүйлсийг онцолсон болно.

Түлхүүр үгс: блоклон нураах (*block caving*), панелиар нураах (*panel caving*), сценарийн анализ (*scenario analysis*), эрсдэлийн үнэлгээ (*valuing risk*)

* Гол зохиогч. Имэйл хаяг: joanne@miner.ventures

1 Оршил

Блоклон нураах аргаар олборлох хүдрийн биетийн тоо, төрөл улам бүр нэмэгдэж байна. Хүдэрт агуулагдах металлын хэмжээ (head grade) багасах, орд илүү гүнд орших, мөн урьд өмнө нь эдийн засгийн ашиггүй гэж тооцогддог байсан ордуудыг нээх шаардлага зэрэг энэхүү чиг хандлагад түлхэц өгөх хүчин зүйлс цөөнгүй. Уулын цулыг урьдчилан бэлтгэх (preconditioning) туршлага нэмэгдсэнээр энэ арга техникийн хувьд хавьгүй олон төрлийн хүдрийн биетэд тохиромжтой болж хувирав.

Далд уурхайд масс олборлолт хийхийн ашиг тусыг дурьдах нь илүүц бизээ. Блоклон нурааж олборлох арга нь далд уурхайн бусад аргуудтай харьцуулахад хамгийн хямд ашиглалтын зардалтай бөгөөд бүтээмжийн хувьд хэд дахин өндөр байдаг. Ашиглалтын зардлаараа ил уурхайтай өрсөлдөхүйц, газрын гадаргуугийн эвдрэл багатай, мөн овоолох хаягдал чулууны хэмжээ хавьгүй бага байдаг далд уурхайн арга юм. Хүдрийн баганын өндөр болон хүдрийн биетийн хэмжээ хангалттай тохиолдолд энэ аргаар 10 ба түүнээс дээш жилийн турш тогтвортой үйлдвэрлэл явуулж, таваарын үнийн хэлбэлзлийн мөчлөг дамнан ашиглалт явуулах боломжтой. Гэвч эдгээр давуу талуудын нөгөө талд өршөөлгүй хатуу хөрөнгө оруулалт, цаг хугацааны шаардлага тавигддаг. Төслийн орлого орж эхлэхээс олон жилийн өмнө их хэмжээний хөрөнгө оруулалт хийгддэг. Улаар огтлох ажил эхэлж, дэд бүтцэд зориулсан малталтууд хийгдэж, бүтээн байгуулалт эхэлсэн бол тухайн уурхайн хүчин чадал ерөнхийдөө өөрчлөгдөх боломжгүй гэсэн үг. Бүтээн байгуулалтын явцад геотехникийн нөхцөл байдал өөрчлөгдлөө гэхэд үйлдвэрлэлийн хүчин чадал эзэмших хуваарь болон олборлолтын түвшний цогц байдалд нөлөөлөлгүйгээр хариу арга хэмжээ авах боломж хязгаарлагдмал байдаг.

Инженер, техникийн мэргэжилтнүүдийн хувьд бид нурааж олборлохтой холбоотой эрсдэлүүдийг өөрсдийн мэргэжлийн хэлээр ярьчих гээд байдаг талтай: малталтын бэхэлгээнд тавигдах шаардлага, бохирдол орж ирэх, хүдэр юүлэх цэг хугацаанаасаа өмнө ашиглалтаас гарах, улны огтлогоог түрүүлүүлэх-хоцроох алхам, нураалтын хананы геометр хэлбэр хэмжээс, чулуулгийн бутлагдал, нарийн ширхэгт чулуулгийн шилжилт хөдөлгөөн. Бид хүдрийн нөөцийн үнэлгээнд залруулгын хүчин зүйлс (modifying factors)-ийг үе шаттайгаар тусган, үйлдвэрлэлийн хуваарийг хүчин чадал эзэмших график таамаглалуудад түлгүүрлан хязгаарладаг. Үйлдвэрлэлийн хүчин чадал, зардлыг "Амьдралтай" буюу хамгийн магадлалтай тодорхойлох үүднээс бид залруулгын хүчин зүйлсээр ар араас нь давхарлан "хучдаг". Гэвч эдгээр техникийн эрсдэлийн илэрхийллүүдийг бизнес болон санхүүгийн хэл рүү — *өнөөгийн цэвэр үнэ цэнэ (NPV), уурхайн ашиглалтын хугацаа, ашиглалтын хугацаан дахь мөнгөн урсгал, санхүүжилтийн оргил шаардлага, хөрөнгө оруулалтын эрчим (intensity)* рүү тэр бүр үр дүнтэй хөрвүүлж чаддаггүй. Сөрөг үр дүн гарч ирэхэд, яг тухайн асуудалтай холбоотой техникийн тодорхой эрсдэлүүдийг өмнө нь тайлагнаж байсан ч бизнесийн удирдлагууд ихэвчлэн гайхаж хоцордог. Инженерүүд бид мэдээллээ бүрэн ойлгуулсан гэж боддог ч уул уурхайд гүнзгий мэргэшээгүй бизнесийн удирдлагууд тухайн асуудлыг бүрэн ойлгож авах нь ховор байдаг.

Хамгийн гол нь бид санхүүгийн нөхцөл байдал өгсөж, уруудаж байх үед авсан, төлөвлөсөн дэмжих болон сөрөг үр дагаврыг арилгахад чиглэсэн арга хэмжээнүүдээ бараг хэзээ ч холбож харуулдаггүй.

Энэхүү өгүүллийн үндсэн санаа нь эрсдэл суурьтай техникийн хэл ба үнэ цэнэ суурьтай бизнесийн хэл хоорондын зөрүүгээс үүдэн:

- Олон үе шаттай техникийн болгоомжлолууд төслийн харагдах өгөөжийг багасгаснаас болж зарчмын хувьд маш сайн төслүүдийн ач холбогдол буурч эрэмбэлэгдэх
- Тухайн нэг төслийн бэлтгэлийг эртнээс урьдчилан хангах хугацааг алдагдуулж, батлагдсан төслөөс хөрөнгө шилжүүлэх боломжийг хаах
- Хамгийн гол нь хаашаа хөрөнгө оруулвал давуу талыг нь оновчтой ашиглаж, сүл талаас нь хамгаалах арга хэмжээ авах замаар эрсдэлийн төлөв байдлыг өөрчилж, төслийн үр дүнг нэмэгдүүлэх боломжтойг бизнесийн лидерүүдэд ойлгуулах боломжийг хаадаг.

Блокоор ба панелиар нураах аргууд зарчмын хувьд багагүй зөрөөтэй хэдий ч эрсдэлийн төлөвүүд нь бараг ижил байдаг тул энэ өгүүлэлд олборлолтын аргыг ерөнхийд нь "блоклон нурааж олборлох" гэж

дурьдаад явах болно. Энд хэлэлцэгдэх бүх эрсдэлүүд, тэдгээрийг тооцоолох арга зүй нь олборлолтын хоёр аргад хоёуланд нь адилхан үйлчилнэ.

2 Нурааж олборлох уурхайн үнэ цэнэ болон эрсдэлийг мэдээлэх, ойлгуулах

Техникийн багууд эрсдэлийг мэргэжлийн, техникийн хэлээр тайлбарладаг бөгөөд мэргэжилтэн бүр уурхайн төлөвлөлт болон хэрэгжилтийн өөрт хамаарах хэсгийг л сайн ойлгодог. Геотехникийн инженер улны огтлогооны ажил удаашрахын үр дагаврыг тулгуур баганад учрах эвдрэл, чичирхийлэл идэвхжих магадлал болон малталтын бэхэлгээг сэргээн засварлах шаардлагатай холбон тайлбарлах байх. Харин уурхайн төлөвлөлтийн инженер улны огтлогооны ажил удаашрахыг тэсэлгээний нөхцөл хүндрэх, хоногт хийх малталт нэвтрэлтийн ахилтад үзүүлэх нөлөөлөл, сард ашиглалтад оруулах хүдэр юүлүүрийн тоо буурахтай холбон тайлбарлана (түрүүлэх огтлогоотой явж байх тохиолдолд). Гэвч эдгээр тайлбарын аль нь ч дангаараа энэхүү асуудал мөнгөн урсгалын графикт ямар нөлөө үзүүлэх, эсвэл төслийн үнэ цэнийг хадгалах ба нэмэгдүүлэхийн тулд хаана хөрөнгө оруулалт хийх шаардлагатайг удирдлагын багт тодорхой ойлгуулахгүй.

Иймд эрсдэлийг үнэ цэнэ рүү хөрвүүлвэл илүү оновчтой бөгөөд болж өгвөл байнга ийм арга барилаар ажиллах, үгүйдээ ядаж төслийг батлах шийдвэр гаргах цонх үеүдэд заавал хэрэгжүүлэх шаардлагатай. Техникийн материаллаг эрсдэл бүр бизнесийн үнэ цэнэд нөлөөлөх үр дагаврыг өөртөө агуулж байх нь тодорхой тул бизнесийн салбарт хөрөнгө оруулалтын шийдвэр гаргахад ашигладаг санхүүгийн нэгжүүдээр буюу өнөөгийн цэвэр үнэ цэнэ (NPV), чөлөөт мөнгөн урсгал жил бүрээр, уурхайн ашиглалтын хугацаа, хөрөнгө оруулалт нөхөгдөх хугацаа, санхүүжилтийн оргил ачаалал, нэгж төхөөрөмжийн ашиглалтын зардал гэх мэт уруу хөрвөх боломжтой. Эрсдэл нь сөрөг талтайгаас гадна эерэг боломж (upside) агуулж байвал — олон эрсдэл тийм байдаг — тэрхүү боломжийг мөн адил санхүүгийн үнэ цэнэ рүү шилжүүлэн үнэлэх хэрэгтэй. Эрсдэлийн эерэг ба сөрөг боломжуудыг хамтад нь тодорхойлох зарчим нь эрсдэлийн хэлэлцүүлгийг зөвхөн "таагүй мэдээ" мэтээр хүлээж авдаг тэгш бүс байдлыг арилгаж, улмаар хэлэлцүүлгийг төслийн боломжит үр дүн ямар цар хүрээтэй байгаа тухай яриа болгон шинээр томьёолдог. Түүнчлэн эерэг үр дүнд хөтлөх боломжит хувилбаруудыг нарийвчлан гаргаснаар бүх таамаглалуудаа хэт өөдрөгөөр авч суурь хувилбараа боловсруулсан төслийг маш тодоор илчилж өгдөг.

Үнэ цэнийг тодорхойлогч гол хүчин зүйлс (value drivers) төсөл бүрт өөр өөр байдаг. Нэг төслийн хувьд анхны олборлолт эхлэх хугацаа болон хүчин чадал эзэмших хурдаас хамаарч NPV давамгайлж болно. Өөр нэг төслийн хувьд гол хөшүүрэг нь уурхайн ашиглалтын хугацаа болон нуралтын баганын өндөр байж болох. Гурав дахь төслийн хувьд агуулга багатай боловч асар их хэмжээний хүдэртэй нөхцөлд нэгж ашиглалтын зардал хамгийн чухал байж магадгүй. Тухайн төслийн онцлогоос хамааран үнэ цэнийн ямар хүчин зүйлс хамгийн чухал болохыг тодорхойлж, тэдгээрийг эрэмбэлэх нь эерэг болон сөрөг импакт бүхий эрсдэлүүдийг тодорхойлохоос өмнө хийгдэх ёстой чухал ажил юм.

3 Блоклон нурааж олборлох аргын онцлогоос хамаарч эрсдэлийн үр дагавар өөрчлөгдөх

Блоклон нурааж олборлох аргын хэд хэдэн онцлог шинж чанарууд нийлснээр уул уурхайн бусад аргуудтай харьцуулахад эрсдэлийн үр дагаврыг илүү нэмэгдүүлж, алдагдсан үнэ цэнийг эргүүлэн нөхөхөд илүү бэрхшээлтэй болгодог.

3.1 Геотехникийн тодорхойгүй байдал

Өрөмдлөгийн болон загварчлалын ажлууд хичнээн сайн хийгдсэнээс үл хамаараад хэвтээ малталт нэвтрэх явцад таарсан уулын цул л нураалт явуулах орчныг тодорхойлох анхны, жинхэнэ, том хэмжээний дээж болдог. Нураан олборлох арга нь хагарал, бутрал ихтэй уулын цулд маш тохиромжтой хэдий ч зөвхөн өрөмдлөгийн цооногийн өгөгдлөөр эдгээрийг бүрэн тодорхойлж, байршлыг нь яг таг

тогтооход хэцүү байдаг. Бодит байдал геологийн загвараас зөрөх тохиолдолд агааржуулалтын босоо малталтууд ба түүнийг дагалдах дэд бүтцийг байгуулах, хүдэр тээвэрлэлтийн байгууламжийн байршил ба овор, малталтын бэхэлгээний хэмжээ, хэвтээ малталт нэвтрэх хурд, нурах чадвар болон бусад олон зүйлд сөргөөр нөлөөлж болно.

3.2 Орлого олохоос өмнөх их хэмжээний хөрөнгө оруулалт

Нураан олборлох төслүүд нь борлуулалтын орлого орж эхлэхээс өмнө маш их хэмжээний хөрөнгө оруулалт шаарддаг. Анхны юүлүүр тэслэхээс өмнө хэвтээ бэлтгэл малталтууд, босоо ам, өрөмдмөл босоо малталт, анхдагч бутлуур болон конвейерийн системүүд үндсэндээ бүрэн дууссан байх шаардлагатай. Тухайн компаний үйлдвэрлэл бүхэлдээ бүтээн байгуулалт хийгдэж буй блоклон нураах уурхайгаас хамааралтай, нөхөх орлогын эх үүсвэр хязгаарлагдмал, эсвэл огт байхгүй тохиолдолд үйлдвэрлэлийн өмнөх бүтээн байгуулалтын үе шатанд ямар нэгэн саатал гарах, эсвэл зардал хэтрэх нь санхүүжилтийн загварт нэн хүнд эрсдэл учруулдаг.

3.3 Бэлтгэл ажлын хугацаа урт

Өгөгдөл цуглуулах, дүн шинжилгээ хийх урт хугацааны дараа нураан олборлох төслийг хөгжүүлэхэд олон жил зарцуулагддаг. Энэ нь ялангуяа өндөр бүтээмжтэй нураан олборлох "мега" төслүүдэд маш тодорхой харагддаг. Шаардлагатай өгөгдлийн ихэнхийг цуглуулахад асар их зардалтай бөгөөд ашиглалтын давхарыг аль түвшинд сонгох, дэд бүтцийн байгууламжуудыг хаана байршуулахыг тогтооход олон тооны гүний цооног өрөмдөх шаардлагатай байдаг. Агааржуулалтын гүн малталт болон сохор босоо ам нэвтэрч үйлдвэрлэлийн хүчин чадал эзэмшихэд нэн чухал шаардлагатай агааржуулалтын системийг иж бүрнээр байгуулахад асар их цаг хугацаа шаардагддаг.

3.4 Төслийн цар хүрээ, далайцаас шалтгаалан гүйцэтгэлийн хуваарийн эрсдэл нэмэгдэх

Төслийн NPV-г максимум байлгах бизнесийн сонирхолын улмаас ихэнх тохиолдолд үйлдвэрлэлийн хүчин чадал хамгийн өндөр хувилбарыг хэрэгжүүлэхээр сонгодог. Үйлдвэрлэлийн хүчин чадал өндөр байх тусам түүнийг дэмжих үйлдвэрлэлийн систем нь төдий чинээ нарийн төвөгтэй болдог. Төвөгтэй байдал нь эрсдэлийн далайцыг хэд дахин нэмэгдүүлдэг атал үүнийг байнга л дутуу үнэлчих гээд байдаг хандлага түгээмэл байдаг. Илүү том дэд бүтцийг барихад илүү олон ажилчид, уурхайг дэмжихэд илүү их агааржуулалт, мөн төслийг хэрэгжүүлж уурхайг ажиллуулахад илүү өндөр үр чадвартай ажилчид шаардагдана. Төлөвлөлтийн үе шатанд өндөр хүчин чадлын улмаас бий болох нарийн төвөгтэй байдлын нөлөөллийг тооцоолоход хэцүү байдаг бөгөөд дэлхий даяар хэрэгжсэн мега барилгын төслүүдийн туршлагаас харахад цар хүрээ, далайцаас хамааралтай нарийн төвөгтэй байдал нь төслийн хуваарь болон зардлын хэтрэлтэд нөлөөлсөн олон жишээ байдаг (Flyvbjerg et al. 2023).

3.5 Дарааллын хамаарал

Улаар огтлох, олборлолтын түвшин болон хүдэр тээвэрлэлтийн систем байгуулах ажил зайлшгүй тодорхой дарааллаар хийгдэх ёстой байдаг. Үйлдвэрлэл эхлүүлэхийн тулд маш критикал бөгөөд тус тусын замаар явагдаж буй хоёр багц ажил нэг цэг дээр уулзах ёстой байдгийн нэг нь далд уурхайн ашиглалтад өртөх талбай дотор хийгдэх улаар огтлох ба олборлолтын түвшний малталтуудыг нэвтрэх ажил, нөгөө нь хүдэр тээвэрлэлтийн систем суурилуулах малталтуудыг нэвтэрч, барилга байгуулалтыг нь хийх ажил байдаг. Нэг ажилд саатал гарахад түүний дараагийн бүх ажлуудад нөлөөлдөг бөгөөд энэ гинжин хэлхээ нь хангалттай урт тул эхний жижиг хоцрогдлууд нь ажлын хуваарьт томоохон сөрөг нөлөөлөл үзүүлдэг. Хамгийн чухал нь анхны олборлолт эхлэх хуваарийг сайжруулахын тулд энэ хоёр критикал замыг хоёуланг нь богиносгох шаардлагатай бөгөөд аль нэг зам дээр гарсан саатал анхны олборлолтыг хойшлуулна.

3.6 Сонголтын боломж хумигдах

Улаар огтлох, олборлолтын түвшин эсвэл дэд бүтэц байршуулах, эдгээр малталтууд уруу хүрч очих нээгч малталтууд хийгдэн ирээдүйд олборлолт явуулах уурхайн талбайг (footprint) бэлтгэх ажил эхэлснээр нураалт хийх талбайн хил үндсэндээ шийдэгддэг. Үйлдвэрлэлийн хүчин чадал, хүчин чадал эзэмших хурд, хүдэр юүлүүр хоорондын зай, олборлолт явуулах талбайн хэмжээг өөрчлөхөд маш хэцүү болдог. Судалгааны үе шатанд гаргасан шийдвэрүүд цоожлогдож, тэдгээр шийдвэрийн үр дагавар нь олон арван жилийн турш үргэлжилж болно.

3.7 Үйлдвэрлэлийг зогсоох боломж хязгаарлагдмал байдал

Нураалт эхлүүлэх үе шатанд уурхай нь төлөвлөсөн олборлолтын түвшний хязгаар хүртэл үргэлжлүүлэн малталт нэвтэрч, нураалтыг тасралтгүй үргэлжлүүлэх ёстой. Эс бөгөөс нураалтыг дахин эхлүүлэхэд хүндрэл үүсэж, олборлолтын түвшний тогтвортой байдал алдагдаж, нуралтын тааз дээш ахих явц саатах эрсдэлтэй. Шаардлагатай тохиолдолд үйлдвэрлэлийн хэмжээг мэдэгдэхүйц бууруулж болох ч, бусад олборлолтын аргуудтай харьцуулахад олборлолтын түвшин ба улаар огтлох дарааллыг тасалдуулах буюу үйлдвэрлэлийг дорвитой урт хугацаагаар зогсоох боломж маш хязгаарлагдмал байдаг.

Эдгээр сорилтуудын эсрэг энэхүү аргын сайтар нотлогдсон давуу талууд оршдог:

- Далд уурхайн аль ч аргаас хамгийн бага нэгж ашиглалтын зардалтай
- Нэг ажилчинд ногдох хамгийн өндөр бүтээмжтэй
- Автоматжуулахад нэн тохиромжтой онцлогтой
- Ажиллагсдыг аюулгүй байдлын зарим эрсдэлд өртөхийг багасгасан
- таваарын үнийн нэг ба хэд хэдэн мөчлөгийг туулаад гарах урт настай.

Давуу талууд болон эрсдэлүүдийг бие биенээс нь салгах боломжгүй бөгөөд ижил цар хүрээнд өөр өөр үр дагаварууд учруулна. Тийм ч учраас үнэ цэнийн хэлэлцүүлгийг ганц цэг дээрх тооцоолол байдлаар биш, харин боломжит хүрээ (range) байдлаар томьёолох ёстой бөгөөд энэхүү хүрээ нь хөрөнгө оруулалт хуваарилж буй, мөн хамгийн чухал нь эерэг боломжийг ашиглах ба сөрөг талыг бууруулах ажлыг дэмжиж чадах хүмүүст ил тод харагдаж байх ёстой. Зохицуулах байгууллага болон оролцогч талуудын хүлээлтэд нийцүүлэхийн тулд нэг бизнесийн төлөвлөгөөг төслийн үндсэн хувилбар (base case) болгохыг шаарддаг ч, бизнесийн дотоод орчинд боломжит үр дүнгийн хүрээг сайтар ойлгох нь үнэ цэнийг максимум, сөрөг эрсдэлийг минимум байлгахад асар их ач холбогдолтой юм.

4 Уурхайн ашиглалтын үе шатууд ба үнэ цэнийг тодорхойлогч хүчин зүйлс

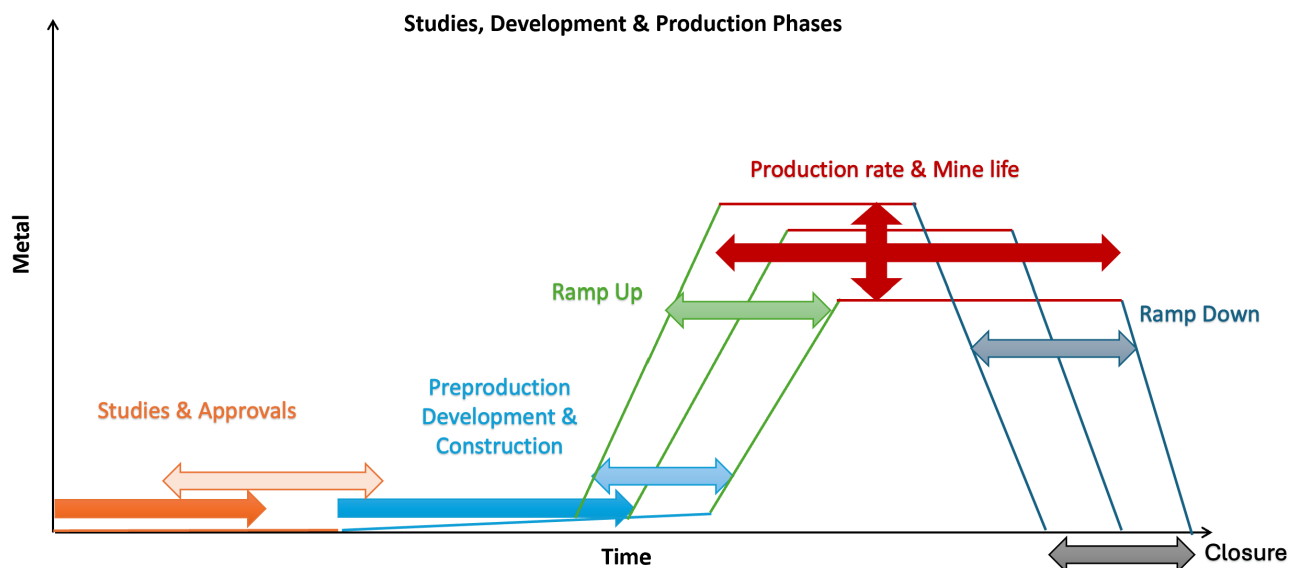
Үнэ цэнийг тодорхойлогч хүчин зүйлс (value drivers) болон тэдгээртэй холбоотой эрсдэлүүд нь нураан олборлох уурхайн ашиглалтын нийт хугацааны дагууд жигд бүс хуваарилагдан тархана. Эрсдэл ямар үе шатанд илэрч байгаагаас шалтгаалан түүний үнэ цэнд үзүүлэх нөлөөллийн хэмжээ болон хариу арга хэмжээ авах боломжит сонголтууд тодорхойлогдоно. 1-р хүснэгтэд блоклон болон панелиар нураан олборлох ихэнх уурхайд хамаарах үнэ цэнэд нөлөөлөх эрсдэлийг уурхайн насжилтын үе шатуудаар нэгтгэн харуулав. 1-р зурагт уурхайн насжилтын үе шатууд дахь хэлбэлзлийг концепци байдлаар харуулсан болно.

Үе шатны энэхүү зураглалаас дараах хоёр зүйл ажиглагдаж байна. Нэгдүгээрт, нураан олборлох ихэнх төслүүдийн хувьд үнэ цэнэд дангаараа хамгийн хүчтэй нөлөөлж буй эрсдэлүүд уурхай байгуулалт болон үйлдвэрлэлийн хүчин чадал эзэмших (ramp-up) үе шатуудад төвлөрдөг. Энд эрсдэлүүд давхардаж, үр дагавраа нэмэгдүүлэх (compounding) хандлагатай байдаг — тухайлбал, улаар огтлох ажил удааширвал юүлүүр байгуулах хурдыг сааруулж, улаар огтлох тэсэлгээний ажлын нөхцөл хүндэрч олборлолтын түвшин дэх тулгуур багануудыг эвдэх үр дагавартай. Юүлүүр байгуулах хурд багассанаар хүчин чадал эзэмших хурд саарч, улмаар бизнест хөрөнгө оруулалтын өгөөж орж эхлэх хугацааг

хойшлуулдаг. Хоёрдугаарт, тогтвортой үйлдвэрлэл ба үйлдвэрлэл буурах үе шатуудад эерэг боломжууд төвлөрдөг — тухайлбал, нураалтын баганын өндрийг нэмэгдүүлэх, шинээр ашиглалтын давхар (lift) нээх, бохирдол модельд тооцоноос бага байх - зэргийг ойрын хугацааны KPI үзүүлэлтүүдэд анхаарлаа хандуулсан байгууллага хялбархан орхигдох аюултай. Давхацсан эрсдэлүүдийн дараалсан сөрөг нөлөөлүүд гардаг тул хөрөнгө оруулагчид зөвхөн нэг хувьсагчийн мэдрэмтгий чанарт (sensitivities) үндэслэсэн эрсдэлийг харахаас илүүтэй, эерэг ба сөрөг боломжуудыг хамтад нь багцлан тооцоолох шаардлагатай байдаг. Үнэ цэнийг тэнцвэртэйгээр тодорхойлох, мөн зөвхөн NPV-ээс гадна уурхайн ашиглалтын хугацааны туршид бий болох жил бүрийн мөнгөн урсгал болон бусад үзүүлэлтүүдийн нөлөөллийг үнэлэх нь чухал юм.

Хүснэгт 1 Блоклон нураан олборлох уурхайн амьдралын мөчлөг дахь үнэ цэнэд нөлөөлөх эрсдэлийн тойм

Уурхайн насжилтын үе шат	Үнэ цэнэд нөлөөлөх эрсдэлийн тойм
Нээгч малталтууд нэвтрэх	Олборлолт явуулах талбай (уулын цулын нөхцөл, малталт нэвтрэлтийн хурд, цар хүрээ нэмэгдэх) уруу малталт нэвтрэх хуваарийн хоцрогдол (эсвэл ахиц); нээгч малталтын төрөл (налуу ам, босоо ам, конвейер) хүчин чадлыг уурхайн ашиглалтын нийт хугацаанд хязгаарлан цоожилно (үйлдвэрлэлийн хэмжээ, агааржуулалтын хүчин чадал, үгүйдээ бага багаар нэмэгдүүлэх л боломжтой үлдэнэ. Олборлолт явагдах талбай дорхи бүтээн байгуулалт ба хүдэр тээвэрлэлтийн дэд бүтэц гэсэн 2 үйлдвэрлэл эхлүүлэхэд критикал нөлөөтэй хоёр багц ажлын хоёуланд нь хамаарна.
Олборлолт явуулах талбайд малталт нэвтрэх, бүтээн байгуулалт хийх	Хэвтээ малталт нэвтрэлтийн хурд, агааржуулалтын боломж, малталтын бэхэлгээний хэмжээ, критикал зам дахь хамаарал бүхий дэс дараалал (улаар огтлох ажлын түрүүлэлт/хоцролт, олборлолтын түвшний геометрийн хязгаарлалтууд). Улаар огтлох хурд, юүлүүр барих хурд, нураалт эхлүүлэх ба гидравлик радиус үүсгэх талбайн хэмжээ хэлбэлзэх, буулгалтын стратеги. Үйлдвэрлэлд хүрэх 2 критикал замын эхнийх нь.
Дэд бүтцийн малталт ба бүтээн байгуулалт	Камеран малталт нэвтрэх хурд, малталтын бэхэлгээний шаардлага, ажиллах хүчийг дэмжих логистик, чухал тоног төхөөрөмжүүдийн тээвэрлэлт, ажлын цар хүрээ нэмэгдэх, ажлын далайцаас шалтгаалсан төслийн нарийн төвөгтэй байдал. Үйлдвэрлэлд хүрэх 2 критикал замын хоёр дахь нь.
Үйлдвэрлэлийн хүчин чадал эзэмших	Юүлэх хурд тогтворжих, бутлагдал (fragmentation), хоёрдогч бутлагдлын хэрэгцээ шаардлага, хүдэр тээвэрлэлтийн бэлэн байдал; Хүдэр буух цэгүүд хугацаанаас өмнө ашиглалтаас гарах — энэ үе шатанд дараалсан сөрөг нөлөөллүүд мөнгөн урсгалд хамгийн тод ажиглагддаг.
Үйлдвэрлэл тогтворжих	Хүдэр буух цэгийн арчилгаа ба сэргээн засварлах хурд, нураалтын ханын геометр ба бохирдолт орж ирж эхлэх, нунтаг чулуулгийн шилжилт хөдөлгөөн, баяжуулах үйлдвэрт өгөх хүдрийн агуулга.
Үйлдвэрлэл буурах (Ramp-down)	Уурхайн ашиглалтын хугацаа уртсах буюу богиносх, уурхайн ашиглалтын эхэн үед авч хэрэгжүүлсэн арга хэмжээ ба гүйцэтгэлээс шалтгааллан сүүлд бууж ирэх хүдрийн агуулга, үнэ цэнэ. Үйлдвэрлэлийн системийн хүчин чадлын сорилтууд, хүдрийн чанарын сорилтууд.



Зураг 1 Уурхайн ашиглалтын үе шатууд, метал олборлолтод гарах хувьсал өөрчлөлтийн тойм

5 Төлөвлөлтийн шийдвэрүүдийг бизнесийн үнэ цэнэ талаас ойлгох нь

Уурхайн төлөвлөгөөг бизнесийн үнэ цэнэ рүү шилжүүлэн илэрхийлэхэд санхүүгийн загвар шаардлагатай байдаг. Төслийн судалгааны үе шатуудад санхүүгийн загварыг ихэвчлэн бизнесийн шинжилгээний баг хариуцан ажилладаг бөгөөд загварыг ажиллуулах бүрд шинжээчийн цаг шаардагддаг тул түүний ашиглалт нь ихэвчлэн хязгаарлагдмал байдаг. Энэхүү хязгаарлалт нь бодит өртөгтэй байдаг. Төлөвлөлтийн жижиг шийдвэрүүдийн үнэ цэнийн нөлөөллийг шуурхай туршин тооцоолох боломжгүй уурхайн төлөвлөлтийн инженерүүд тэдгээр шийдвэрийг зөвхөн физик хэмжигдэхүүнүүдэд үндэслэн гаргах хандлагатай байдаг бөгөөд үнэ цэнийн нөлөөллийг нь хожим нь олж мэдэхэд хүрдэг.

Үүнээс илүү үр дүнтэй зохион байгуулалт бол уурхайн төлөвлөлтийн инженерүүд корпорацын загвартай ижил гол таамаглалуудыг ашигладаг, мөн баримжаа NPV, мөнгөн урсгалын хэлбэр ба уурхайн насжилтыг хэдхэн минутын дотор гаргаж өгдөг хялбаршуулсан санхүүгийн загварыг ашиглах боломжоор хангагдах явдал юм. Корпорацын загвар нь үнэн бодит эх үүсвэр хэвээр үлдэх боловч хялбаршуулсан загвар нь төлөвлөлтийн багт өөрсдийн шийдвэрийн үнэ цэнийн орон зайг бодит цаг хугацаанд судлах боломжийг олгодог. Хялбаршуулсан загвар болон корпорацын загварын хоорондох зөрүүг судалгааны гол үе шатуудад (milestones) нэгтгэн тулгаж байх ёстой.

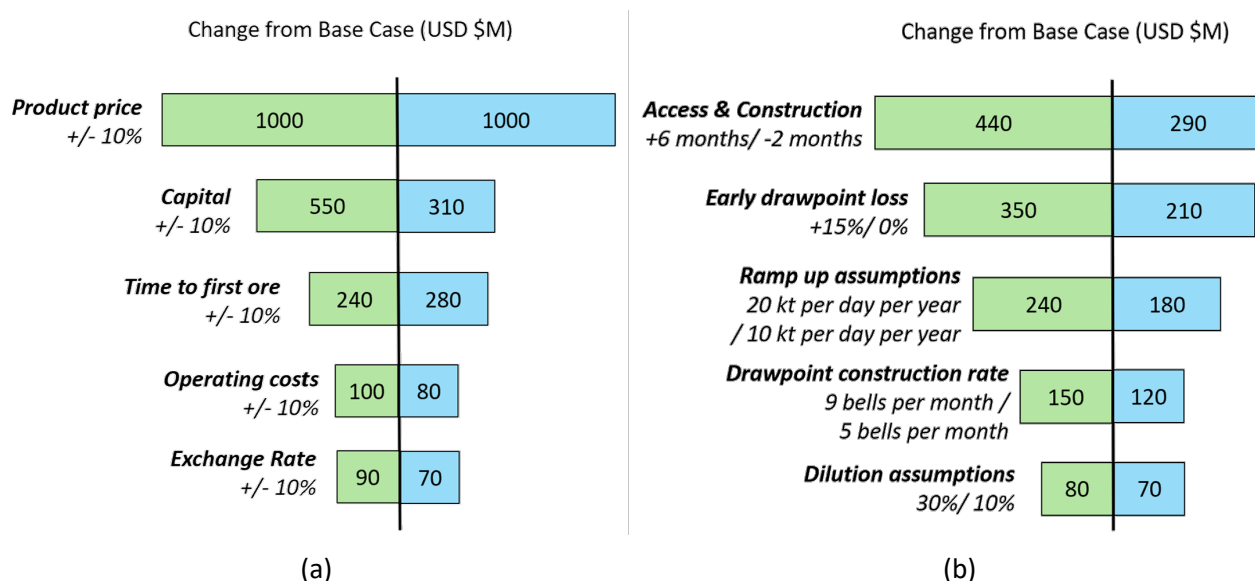
Ийм зохион байгуулалт хэрэгжиж буй газар уурхайн төлөвлөлтийн баг болон бизнесийн шинжилгээний багийн хоорондох хэлэлцүүлгийн агуулга, чанар өөрчлөгддөг. Төлөвлөлтийн баг нь үнэ цэнийн хувьд хэдийн урьдчилан шүүгдсэн физик хувилбаруудыг авчирдаг бол шинжээч нь үр дүнг баталгаажуулах санхүүгийн чанд тооцооллыг хийдэг. Дорвитой ач холбогдолгүй хувилбаруудад хоёр баг хоёулаа бага цаг зарцуулж, харин үнэхээр чухал хувилбаруудад илүү цаг зарцуулах болно. Үйлдвэрлэлийн өмнөх бүтээн байгуулалтын ажлын үргэлжлэх хугацаанаас эхлээд нуралт эхлүүлэх дараалал болон бусад хувьсагчид хүртэлх уурхайн төлөвлөгөөний өөрчлөлтүүдийг бизнесийн бүх салбарт ойлгомжтой хэлээр мэдээлж, ойлгуулах боломжтой болно.

6 Эрсдэлийг үнэлэх уламжлалт арга барилууд

Нураан олборлох судалгааг дэмжих зорилгоор хийх мэдрэмжийн шинжилгээг уламжлалт арга барилаар хийх үед нэг удаад зөвхөн нэг хувьсагчийг өөрчлөх (flexing one variable at a time) байдлаар ажилладаг. Хөрөнгө оруулалтын хэмжээг тодорхой хувиар нэмэгдүүлнэ. Үйлдвэрлэлийн хэмжээг тодорхой хувиар бууруулна. Анхны хүдэр олборлох хугацааг тодорхой сараар хойшлуулна. Хувилбар

түс бүрийг санхүүгийн загварт оруулж ажиллуулах бөгөөд гарсан үр дүнг үнэ цэнд үзүүлэх нөлөөллийн хэмжээгээр нь эрэмбэлж, ихэвчлэн торнадо диаграмм (tornado chart) байдлаар буулгадаг.

Торнадо диаграмм нь нэг тодорхой зорилгод маш хэрэгтэй хэрэгсэл юм: энэ нь бие даан авч үзсэн биеэ даасан орцын хувьсагчдын аль нь бидний сонирхож буй үнэ цэнийн үзүүлэлтэд хамгийн их нөлөө үзүүлж байгааг тодорхойлдог. Ингэснээр аналитик хүчин чармайлтаа хаана төвлөрүүлэх, мөн эсрэгээрээ нарийвчлал бага шаардагдах хэсгийг инженерт хэлж өгдөг. Судалгааны багийн төслийн талаарх мэдлэг, геотехникийн нөхцөл байдал болон бусад асуудлуудтай хослуулснаар хамгийн өндөр магадлалтай эрсдэлүүдийг нэгтгэсэн олон хувьсагчийн хувилбар болгон гаргаж авах боломжтой. 2-р зурагт ерөнхий нураан олборлох төслийн үнэ цэнийг тодорхойлогч хүчин зүйлсийн (value drivers) нөлөөллийн хэмжээний эрэмбийг үзүүлэлт болгон харуулав. Бүх тоон үзүүлэлтүүд нь зөвхөн үзэл баримтлалын шинжтэй бөгөөд ямар нэгэн тодорхой төслийг төлөөлөхгүй.



Зураг 2 Дан хувьсагч өөрчлөгдөх үед төслийн өнөөгийн үнэ цэнэ тодорхойлогч параметруудад ямар мэдрэмж үзүүлж буйг харуулсан торнадо график. (a) Санхүүгийн мэргэжилтнүүдийн анхаардаг; (b) Нураалттай уурхайн төлөвлөлтөд ашигладаг орцуудтай

2b зурагт үзүүлсэн жишээ торнадо диаграмм нь хоёр дутагдалтай. Нэгдүгээрт орц хувьсагчдыг бие биеэсээ хамааралгүй гэж ойлгодог. Бодит байдал дээр нураан олборлох төслийн хувьд сөрөг нөлөө үзүүлж болох олон хүчин зүйлс нь хоорондоо хамааралтай байдаг. Талбайн бүсэд төлөвлөснөөс хоцорч хүрэх болон улаар огтлох, хүдэр буух цэгийн бүтээн байгуулалтын хурд саарах нь уулын цулын нөхцөл байдал эсвэл нөөцийн хязгаарлалт гэсэн ижил учир шалтгаанаас улбаатай байж болно. Үйлдвэрлэлийг хоцорч эхлүүлэх болон төлөвлөснөөс удаан хугацаанд хүчин чадал эзэмших явц нь хоёулаа уурхайн байгуулалтын ажилд шаардагдах хугацаа эсвэл уулын цулын чанарыг дутуу үнэлснээс үүдэлтэй байж болно. Тэдийг бие биеэсээ хамааралгүй гэж үзэн, зөвхөн тэдгээрийн түс бүрийн мэдрэмжтэй чанарыг тайлагнах нь төсөлд бодитой тулгарч буй хавсарсан сөрөг эрсдэлийг бууруулж харуулдаг.

Хоёрдугаарт, торнадо диаграмм нь сөрөг үйл явдлууд цаг хугацааны хувьд хэрхэн тохиолдох магадлалтай болон үүнээс үүдэж мөнгөн урсгалын төлөв хэлбэрт ямар өөрчлөлт орох талаар юуг ч хэлж чаддаггүй. NPV 20%-иар буурах нь бизнесийн хувьд үйлдвэрлэлийн эхний 3 жилээс хамаарч байна уу (энэ тохиолдолд санхүүжилтэд нөлөөлж, заавал биелүүлэх нөхцөлүүд буюу covenants-д аюул заналхийлж болзошгүй), эсвэл уурхайн ашиглалтын нийт хугацааны явцад хуваарилагдаж байгаа эсэхээс (энэ тохиолдолд урт хугацааны дараа эдийн засгийн үжиг нөлөөлөлтэй) хамаарч огт өөр утгатай байх болно. Хөрөнгө оруулалт хуваарилах хэлэлцүүлгийн хувьд мөнгөн урсгалын төлөв байдал төслийн хугацааны туршид ямар байх нь NPV өөрчлөгдөхтэй ижил хэмжээнд ач холбогдол өгдөг асуудал байдаг.

Торнадо диаграмм нь хувилбаруудыг багцласан, credible буюу хүлээн зөвшөөрч болох эерэг ба сөрөг үзүүлэлтүүд хамгийн багадаа хаа хүртэл савлахыг харуулсан, холбогдох үзүүлэлтүүд нь хоорондоо бие биедээ нөлөөлсөн байвал илүү хэрэглээний ач холбогдолтой байх болно. Энд тухайн үзүүлэлтүүд "экстрим" тохиолдолд бус "credible" буюу илүүтэй "бодитой" байх нь чухал. Хэт туйлширсан экстрим хувилбар нь ихэнх байгууллагад бодит байдал дээр тулгардаг зүйл биш бөгөөд удирдлагууд түүнийг бодит байдлыг төлөөлж чадахгүй гэж үзэн хэрэгсэхгүй байх хандлагатай байдаг. Харин бодитой хувилбар нь холбогдох үйл явдлуудын магадлалтай хавсарга нөлөөллийг илэрхийлдэг тул түүний үнэ цэнийн ач холбогдлыг нухацтай авч үздэг. Төслийн боломжит үр дүнгийн орчин нөхцөлийг ойлгохын тулд олон тооны сценарийг авч үзэх хэрэгтэй. Хамгийн их үнэ цэнийн эрсдэлд өртөх хэсгүүдэд болон уурхайн ашиглалтын нийт хугацаанд тодорхой арга хэмжээ авснаар сөрөг нөлөөллийг нь бууруулах боломжтой үнэ цэнийн чухал хүчин зүйлсэд онцгой анхаарах ёстой.

7 Бизнесийн хувилбаруудын бодитой хүрээг гаргах нь

7.1 Харгалзан үзвэл зохих нураан олборлолтын ерөнхий үзүүлэлтүүд

Үнэ цэнийг тодорхой хүрээ (range) байдлаар мэдээлж ойлгуулах практик арга барил бол үндсэн хувилбараас (base case) гадна холбогдох параметруудийг бие биенээс нь хамааралтайгаар хамтад нь өөрчлөн тооцоолсон хамгийн багадаа нэг бодитой эерэг (upside) болон нэг бодитой сөрөг (downside) хувилбарыг боловсруулах явдал юм. Болзошгүй үр дүн хаанаас хаа хүртэл савлахыг бүрэн ойлгохын тулд олон хувилбар хөгжүүлвэл илүү зохистой. Уурхайн ажлын хуваарьт орох биет өөрчлөлтүүдийг санхүүгийн загварт зөв тусгаж, нөлөөгөөр нь NPV, мөнгөн үрсгал болон уурхайн ашиглалтын хугацаанд орох өөрчлөлтүүдийг логикийн хувьд дотоод зөрчилгүй гаргаж авахын тулд хувилбаруудыг уурхайн төлөвлөлтийн болон бизнесийн шинжилгээний багууд хамтран зохиох ёстой. Орц өгөгдлүүдийг өөрчлөн турших замаар олборлолтын сценари тус бүрт хамгийн их нөлөө үзүүлэх хувьсагчдыг тодорхойлох хэрэгтэй.

2-р хүснэгтэд үндсэн хувилбараас зөрөх бодитой хувилбарууд боловсруулахдаа гарааны цэг байдлаар ашиглаж болох ерөнхий үзүүлэлтүүдийг багцлан оруулав. Зөвхөн тайлбарлах зориулалтаар утгууд өгсөн бөгөөд аливаа нэг төслийн хувьд өөрт тохирох цар хүрээндээ уулын ажлын нөхцөл байдал болон бусад ажлаас хамааруулан, 6-р бүлэгт тайлбарласан симуляцийн ажил дээрх шигээр утгуудаа оноох хэрэгтэй. Зарим байгууллага салбарын мэргэжилтнүүдийг цуглуулж, уурхайн тодорхой нөхцөл байдалд үндэслэн орц өгөгдлийн хүрээг хэлэлцүүлэг хийж тодорхойлох арга барил ашигладаг.

Ийм төрлийн хүснэгтийг ашиглахад гурван зарчмыг баримтлах ёстой. Нэгдүгээрт, үзүүлэлтүүдийн хүрээг өрөмдлөг, зураглал, геотехникийн загвар, нэвтрэлтийн хугацааны судалгаа болон симуляцийн үр дүн зэрэг тухайн талбайн боломжтой бүх мэдээллээр баталгаажуулсан байх ёстой. Хоёрдугаарт, сөрөг хүчин зүйлс нь нэг ижил шалтгаантай тохиолдолд тэдгээрийг хамтад нь өөрчлөн тооцоолох ёстой бөгөөд тэдгээрийг бие биеэсээ хамааралгүй гэж үзэх нь хавсарсан сөрөг эрсдэлийг дутуу үнэлэхэд хүргэдэг. Гуравдугаарт, эерэг боломжуудыг (upsides) сөрөг эрсдэлтэй адил чанд зарчмаар боловсруулах ёстой. Зөвхөн сөрөг талыг өөрчлөн тооцоолдог байгууллага нь өөрийн төслүүдийг үнэ цэнийн хүрээний буруу талд системтэйгээр танилцуулах ба цаг хугацааны явцад тухайн төслийн цаана байгаа бодит боломжийг биш, харин тухайн хэлбэлзлийг тусгасан байдлаар хөрөнгө оруулалтыг хуваарилахад хүрдэг. Эерэг боломжийг ашиглахад хөрөнгө оруулалт эсвэл төлөвлөлт шаардлагатай байгаа тохиолдолд тодорхойлогдсон үнэ цэнэ нь багийг сэдэлжүүлж, үүсэх зардлын нөлөөллийг зөвтгөх ёстой.

Table 2 Блоклон болон панелиар нураан олборлох төслийн бизнесийн бодитой эерэг ба сөрөг хувилбаруудыг боловсруулах техникийн үзүүлэлтүүдийн баримжаа хүрээ

Үзүүлэлт	Бодитой сөрөг (Credible downside)	Үндсэн хувилбар (Base case)	Бодитой эерэг (Credible upside)
Олборлолт эхлүүлэх хугацаа	+6 аас +12 сараар хоцрох	Судалгаагаар гарсан хуваарь	Боломжтой бол 2–4 сар хэмнэх
Капитал зардал (олборлолт эхлэхээс өмнө)	Сүүр тооцоон дээр +20 аас +30%	Судалгаагаар гарсан тооцоо	Судалгаагаар гарсан тооцоо
Юүлүүр байгуулах хурд	Судалгаанд туссанаас удаан	Бэнчмарк хурд (6 юүлүүр/сар)	Симуляциар нотлогдсон тохиолдолд барилгын ажлын хурдыг 20–30% нэмэгдүүлэх
Хүчин чадал эзэмшихэд тулгарах хязгаарлалт	Юүлүүр барих хурд буурах, буулгалтын хурд буурах зэргээс хүчин чадал эзэмшилт хязгаарлагдах (олборлолтын хүчин чадлын муруй)	Симуляци ба бэнчмаркад тулгуурлан судалгаагаар тогтоосон хурд	Симуляциар нөөц бололцоо тогтоогдсон тохиолдолд юүлүүр байгуулалтын хурдыг нэмж, буулгалтын хурдыг нэмэхэд тавих хязгаарлалтыг сулруулж хүчин чадал эзэмшилтийг хурдасгах
Бүрэн хүчин чадлаар ажиллах (малталтууд ба буулгалтын хурд)	Үйлдвэрлэлийн хязгаарлалтууд тавих, хүчин чадал хязгаарлах бусад үзүүлэлтүүдийг оруулж ирэх	Сүүр хувилбарт туссан хүчин чадал	Олборлолтын схем, тоног төхөөрөмж талаас боломжтой бол буулгалт ба ачиж тээвэрлэлтийн хурдыг нэмэх
Хүдэр буулгуурууд хугацаанаас өмнө ашиглалтаас хасагдах (буцаан сэргээх боломжгүйгээр нурах)	Сүүр хувилбар дахь тоог хоёр дахин өсгөж тооцох	Сүүр хувилбар дахь тоо	Хүдэр буулгуурууд хугацаанаас өмнө ашиглалтаас хасагдахгүй (үндэслэл гаргах)
Буулгалтын баганын максимум өндөр	<400м (эдийн засгийн хязгаарлалт)	400–500 м (эсвэл эдийн засгийн хязгаарлалт)	>500–600 м (ба эдийн засгийн хязгаарлалт)
Хүдэр буух цэг хоорондын зай, буулгалтын конусын төв, буулгалтын конусын хамрах талбай	Буулгалтын бүсийн идэвхитэй радиус буурч, хамрах талбайд завсар үүсэх	Загварчлалаар гарсан буулгалтын бүсийн радиус	Олборлолтын талбайг бүрэн хамрах
Нураалтын ханын геометр хэлбэр хэмжээс	Агүй хэт нурж ядуу агуулгатай чулуулаг уруу хальж орно, бохирдолт өндөр	Буулгалт моделиор гаргасан агуйн хэлбэрээр хязгаарлагдана	Агүй дутуу нурж, буулгалтын талбай хязгаарлагдаж, нөөц

Үзүүлэлт	Бодитой сөрөг (Credible downside)	Үндсэн хувилбар (Base case)	Бодитой эерэг (Credible upside)
Бүүлгалтын максимум өндөр (Юүлүүр хаах агуулга)	Өндрийг бууруулж авах (500 м гэх мэт)	Судалгаагаар тогтоосон өндөр (600 м гэх мэт)	авалтад сөргөөр нөлөөлнө Геотехникийн нөхцөл, эдийн засгийн үр ашгийг харгалзан өндрийг нэмэгдүүлж авах (800 м гэх мэт)
Малталтын бэхэлгээний зардал	+20% -иар өсгөх	Суурь хувилбар	Геотехникийн экспертүүд дэмжиж байвал суурь хувилбараар, эсвэл бууруулж тооцох
Хоёрдогч бутлалт	Овор хэтрэлт их, олборлолтод нөлөөлөх	Суурь хувилбар	Урьдчилан ан цавшуулах арга хэмжээ авах бол бууруулж авах
Бохирдолт	Нарийн ширхэгтэй материалын бохирдол их	Загварчлалаар гарсан бохирдлын хувь	Нарийн ширхэгтэй материалын бохирдол бага, ашиглалтын сүүлийн жилүүдэд агуулга өндөр

7.2 Дискрет үйл явдлын симуляцийг (discrete event simulation) ашиглан үр дүнгийн хүрээг тодорхойлох нь

Дискрет үйл явдлын симуляцийг (discrete event simulation) нураан олборлох судалгаанд олон жилийн турш ашиглаж ирсэн боловч ихэвчлэн зөвхөн нэг дагалдах системээр — ихэвчлэн олборлолтын түвшин эсвэл хүдэр тээвэрлэлтийн системээр — мөн ажиллагааны ганц үе шатаар буюу ихэвчлэн тогтвортой үйлдвэрлэлийн үеэр хязгаарлагддаг байв. Энэ байдлаар ашиглахад симуляци нь тустай хэдий ч тухайн хэрэгслийн боломжийг бүрэн дүүрэн ашиглаж чаддаггүй. Олборлолтын түвшний тодорхой дизайн (схем) нь зорилтот бүүлгалтын хурдыг хангах боломжтой эсэхийг баталгаажуулж чадна. Гэвч дангаараа уурхайн төлөвлөлтийн аль шийдвэрүүд төсөл хэрэгжих нийт хугацааны туршид үнэ цэнийг тодорхойлж байгааг тогтоож чадахгүй.

Энэхүү аргын илүү хүчин чадалтай хэрэглээ бол бүрэн системийн симуляци (full-system simulation) бөгөөд үүнд улаар огтлох, олборлолтын түвшин, хүдэр тээвэрлэлт, хоёрдогч бутлалт, агааржуулалт болон тоног төхөөрөмжийн паркийг хамтад нь тусгаж, уурхайн талбайн бэлтгэл эхэлснээс авхуулаад бүрэн үйлдвэрлэл дуусах хүртэлх хугацаанд ажиллуулан, уул уурхайн системийн "тоон ихэр" (digital twin)-ийг бий болгохыг зорьдог. Энэхүү бүтэц дотор симуляци нь дизайн болон ашиглалтын төлөвлөгөөний мэдээллийн төв цуглуулга болж, аль нэг орцын өөрчлөлт нь үйлдвэрлэлийн бүх системд шууд нөлөөлдөг. Энэхүү арга барилыг Оюу Толгойн далд уурхайн төсөл дээр хэрэгжүүлсэн бөгөөд симуляцийг дизайнтай зэрэгцүүлэн хөгжүүлж, уурхайн төлөвлөлтийн шийдвэрүүдийг гаргахад давтамжтайгаар (iteratively) ашиглаж байв (Labrecque et al. 2012). ТЭЗҮ-ийн судалгааны явцад хүдрийн бүүлгуурын (orepass) байршил, хүдэр буух цэгийн геометр болон улаар огтолж эхлэх дараалал зэрэг 50 гаруй хувилбарын харьцуулалтыг (trade-offs) симуляциар туршсан бөгөөд тус бүр нь эцсийн дизайнд бодитой хувь нэмэр оруулсан. Симуляцийг нэгэнт боловсруулж, тохируулсны (calibrated) дараа олборлолтын хурд, хэвтээ малталт нэвтрэлт, хүдэр буух цэгийн бүтээн байгуулалтын хурд, баганын өндөр болон үнэ цэнийг тодорхойлогч бусад гол орцуудын мэдрэмтгий чанарыг үнэлэхэд ашиглах боломжтой байв.

Түүнтэй уялдаатай өөр нэг судалгааны ажлаар Оюу Толгойн үйлдвэрлэлийн өмнөх үе шатны хэвтээ малталт нэвтрэлтийн хурдыг тооцоолоход тухайн талбайн хугацааны судалгааны өгөгдөл болон уул уурхайн тусгай симуляцийн програм хангамжийг ашиглан симуляци хийсэн (Wolgram et al. 2012). Энэхүү ажил нь загварчилсан хурдыг талбайн бодит ахилтын хурдтай тулгаж тохируулсан бөгөөд тухайн үед босоо амны хоногийн тээвэрлэлтийн хүчин чадал нь нэвтрэлтийн ажлын гол хязгаарлагч фактор байсныг илрүүлжээ. Энэ хоёр судалгааны ажил ижил нэг зүйл зөвлөдөг: симуляцийг эрт үе шатанд байгуулж, давтамжтайгаар ашиглавал энэ нь дизайны шийдвэрт нөлөөлдөг; харин оройтож байгуулж, зөвхөн баталгаажуулахад ашиглавал дизайнд нөлөөлөх боломж хэдийн өнгөрсөн байдаг. Үүнээс гадна, эдгээр симуляцийг зөвхөн орлогын өөрчлөлтөөс гадна эерэг боломжийг ашиглах бизнесийн хөрөнгө оруулалтыг (жишээ нь, илүү олон тоног төхөөрөмж авахад) болон сөрөг эрсдэлээс хамгаалах зардлыг зөвтгөхөд ашиглаж болно; ийм төрлийн симуляциас зардлын найдвартай таамаглалыг гаргаж авах боломжтой.

Үнэ цэнийг мэдээлэх, ойлгуулах үүднээс авч үзвэл, бүрэн системийн симуляцийн хамгийн чухал чанар нь бизнесийн загварт шууд оруулах боломжтой физик үр дүнгүүд — хугацааны интервал дахь ахилтын метр, сард байгуулах юлүүрийн тоо, тоног төхөөрөмжийн жилд ажиллах цаг, тухайн хугацаанд хийгдэх малталтын бэхлэгээний хэмжээ зэргийг — гаргаж өгдөгт оршино. Техникийн хуваарийг зардал ба орлогын төлөв байдал руу шилжүүлж, эерэг ба сөрөг хувилбаруудыг мөнгөн дүнгийн илэрхийллээр харуулах боломжийг олгодог. Барилга угсралтын хурд төлөвлөснөөс сайн байх үеийн тоног төхөөрөмж, материал болон ажиллах хүчний нөлөөлөл гэх мэт уламжлалт төлөвлөлтөөр орхигдох хандлагатай байдаг эерэг боломжуудыг ил болгож, тэдгээр боломжуудыг төслийг хэрэгжүүлэх явцад алдалгүйгээр урьдчилан төлөвлөх нөхцөлийг бүрдүүлдэг.

7.3 Практикт эерэг боломжийг ашиглах ба сөрөг талбараас хамгаалах нь

Төсөл хэрэгжүүлэх баг мөн энэхүү хэлэлцүүлэгт тодорхой үүрэгтэй. Урьдчилан таамаглаагүй эерэг боломжийг ашиглах боломжгүй байдаг. Жишээлбэл, хүдэр буух цэгийн бүтээн байгуулалтын хурд төлөвлөснөөс хавьгүй сайн байх нь зөвхөн уулын бэхлэгээний материалын хангамж, бетоны зуурмагийн хүчин чадал болон барилга угсралтын багийн бүрэлдэхүүн тухайн хурдыг дэмжихээр тохируулагдсан тохиолдолд л эрт үйлдвэрлэл эхлэх бодит боломж болж хувирна. Төлөвлөлтийн үе шатанд бодитой эерэг боломжийг урьдчилан таамаглах нь үүнийг хэрэгжүүлэх үе шатанд ашиглах нөхцөлийг бүрдүүлдэг. Ижил логик сөрөг талд мөн үйлчилнэ: урьдчилан төлөвлөсөн бууруулах арга хэмжээг эрсдэлт асуудал илрэх үед хурдан авч хэрэгжүүлж болдог бол, төлөвлөөгүй хариу арга хэмжээ нь тухай бүртээ илүү удаан, бага үр дүнтэй бөгөөд илүү өртөг өндөртэй байдаг. Эерэг боломжийг ашиглах эсвэл сөрөг талуудаас зайлсхийхэд шаардлагатай арга хэмжээнүүдийг баримтжуулах хамгийн сайн арга бол судалгаа болон хэрэгжилтийн явцад эрсдэлийн удирдлагын хэвшиж тогтсон бүтцийг (risk management framework) ашиглах явдал юм.

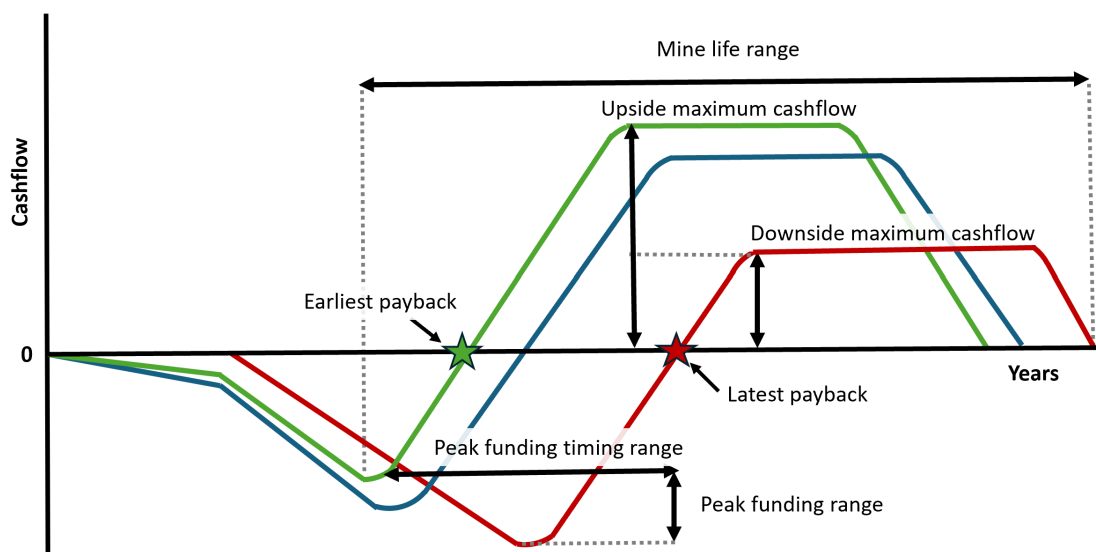
8 Үнэ цэнэ болон эрсдэлийг мэдээлэх, ойлгуулах хэрэгслүүд

Бодитой эерэг ба сөрөг хувилбаруудыг боловсруулсны дараа тэдгээрийг бизнесийн удирдлагуудтай хийх хэлэлцүүлгийг дэмжихүйц байдлаар мэдээлж ойлгуулах шаардлагатай. Доор жагсаасан хэрэгслүүд нь энэ хам сэдэвт нэн түстэй бөгөөд мэргэжилтнүүдэд зориулсан дэмжих баримт бичгийн жишээ болгон авч үзэв.

8.1 Цаг хугацааны явц дахь мөнгөн урсгал, цэвэр өнөөгийн үнэ цэнэ ба уурхайн ашиглалтын хугацаа

Торнадо диаграмм (tornado chart) гэх мэт хэрэгслүүд нь нэгж хувьсагчийн үнэ цэнийн үзүүлэлтэд үзүүлэх нөлөөллийг харуулдаг бол, цаг хугацааг хамарсан мөнгөн урсгалын диаграмм нь үнэ цэнийн нөлөөлөл төслийн ашиглалтын нийт хугацааны аль үед мэдрэгдэж байгааг харуулдаг. Боломжтой бол, бодитой эерэг ба сөрөг хувилбаруудыг үндсэн хувилбарын хамт мөнгөн урсгалын төлөв байдал

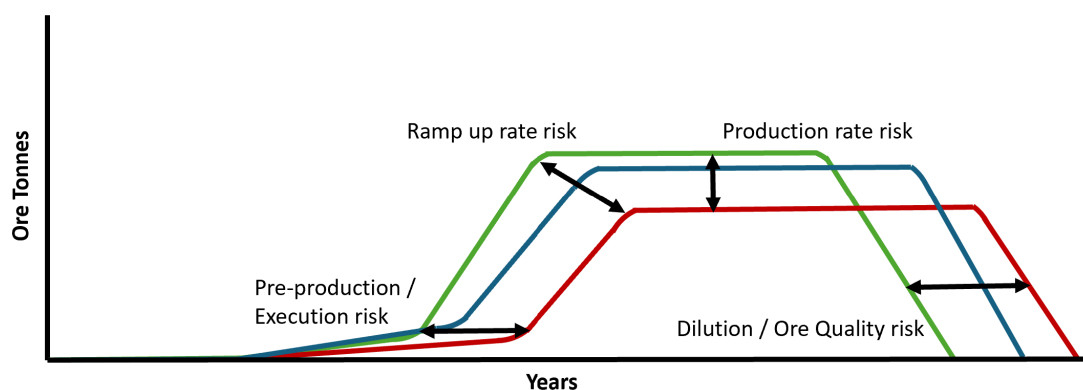
хэлбэрээр, санхүүжилтийн оргил ачаалал (peak funding), хөрөнгө оруулалт нөхөх хугацаа болон үүрхайн ашиглалтын нийт хугацааны хамт тодорхойлон харуулах хэрэгтэй (Зураг 3).



Зураг 3 Суурь (хөх), хүлээн зөвшөөрч болох эерэг (ногоон), хүлээн зөвшөөрч болох сөрөг (улаан) хувилбарууд, санхүүжилтийн оргил ачаалал, хөрөнгө оруулалт нөхөн төлөх хугацааны хувьсал өөрчлөлтүүдийг тойм байдлаар харуулсан мөнгөн үрсгалын график

8.2 Үйлдвэрлэлийн төлөв байдлын хүрээний диаграмм

Үндсэн хувилбарыг төв шугамаар, бодитой эерэг болон сөрөг хувилбаруудыг хязгаарлагч зааг шугамаар харуулсан үйлдвэрлэлийн төлөв байдлын диаграмм нь боломжит үр дүнгийн хүрээг үзүүлдэг ашигтай визуал илэрхийлэл юм (Зураг 4). Энэхүү арга барилыг металл олборлолтын төлөв байдал болон мөнгөн үрсгалын төлөв байдалд мөн адил ашиглаж болно. Тодорхой хүрээг харагдах байдлаар бэлэн харуулах нь — ялангуяа эерэг ба сөрөг хувилбаруудын хоорондох талбайг сүүдэрлэж өгсөн тохиолдолд — тухайн төсөл нь ганцхан тоон утгаас илүүтэйгээр тодорхой үр дүнгийн мужид (хүрээнд) хамаарч байгаа гэсэн санааг шууд ойлгуулдаг.



Зураг 4 Үйлдвэрлэлийн хүчин чадлын графикийг эрсдэлийн хүрээг харгалзсан байдлаар, бодитой эерэг (ногоон), бодитой сөрөг (улаан), суурь (хөх) хувилбаруудын хамтаар харуулав

8.3 Симуляцийн үр дүнгийн визуал дүрслэл

Симуляцийн үр дүнгүүд нь загварчилсан үйл ажиллагааг үйлдвэрлэлийн хуваарьтай холбосон байдлаар дүрсжүүлсэн тохиолдолд уул уурхайн бүс мэргэжлийн хүмүүсд хамгийн ойлгомжтой, тустай байдаг. Нураалтын хөгжүүлэлт болон хүдэр буух цэгийн бүтээн байгуулалтын цаг хугацааны ахицыг харуулсан анимейшныг үйлдвэрлэлийн ба мөнгөн үрсгалын төлөв байдалтай хамт харуулах нь уурхайн

талбайд хийгдэж буй физик ажил нь санхүүгийн үр дүн рүү хэрхэн шилжиж байгааг удирдлагуудад тодорхой харахад тусалдаг. Ялангуяа улаар огтолгооны ажилд гарсан өнгөц харахад жижиг мэт саатал нь яагаад төслийн насжилтын сүүл үед мөнгөн урсгалд харьцангуй асар том сөрөг нөлөө үзүүлдэг болохыг тайлбарлахад нэн үр дүнтэй. Симуляцийг харьцуулсан сонголтын шийдвэрүүдийг (trade-off decisions) дэмжихэд ашигласан тохиолдолд сонголтуудын хоорондох харьцуулалтыг ижил визуал дүрслэл ашиглан харуулснаар шийдвэрийн үндэслэл баталгааг ил тод болгодог.

8.4 Шинэчлэгдсэн мэдээллийг мэдээлэх ба арга хэмжээний биелэлтийг хянах хяналтын панелүүд (Dashboards)

Үйлдвэрлэлийн олон хувилбаруудыг боловсруулсан тохиолдолд хяналтын панел (dashboard) ашигласнаар олон тооны дата хандлагуудыг "нэг нүүрэнд" багтаан мэдээлэх маш тустай арга юм. Инженерүүд ихэвчлэн шинэчлэгдсэн мэдээллийг бараг агшин зуурт ойлгож, тайлбарлахад бэлтгэгдсэн мэргэжлийн нүдээр хяналтын панелыг ашигладаг. Судалгаа эсвэл төсөл хэрэгжүүлэх үе шатны эхэнд хяналтын панелыг төлөвлөн зохион байгуулж, удирдлагуудыг мэдээллийг энэ форматаар харж сургах нь шинэчлэгдсэн мэдээллийг хурдан мэдээлэх үр дүнтэй хэрэгсэл болгодог. Хяналтын панел нь цаг хугацааны хамааралтай график бүхий гол үзүүлэлтүүдээс гадна авч хэрэгжүүлэх арга хэмжээ, хариуцах эзэн болон явцын гүйцэтгэлийг тусгасан хүснэгтүүдийг агуулж болно.

9 Дүгнэлт

Блоклон нураан олборлох төслүүд нь судалгааны нэг цэгийн (single-point) тооцооллоор мэдээлэх боломжтойноос хавьгүй өргөн хүрээний үр дүнг агуулж байдаг. Хөрөнгө оруулалтын хэмжээ их, үйлдвэрлэлийн өмнөх хугацаа урт, мөн улаар огтолгоо, олборлолтын түвшин ба хүдэр тээвэрлэлтийн барилга угсралтын ажлуудын хоорондын хамаарал нь нийлээд дараалсан/давхарласан сөрөг үр дагаврууд үүсэх магадлалыг нэмэгдүүлж, тэдгээрийн үр дүнг даван туулахад илүү бэрхшээлтэй болгодог. Эдгээр ижил онцлогууд нь зөвхөн сөрөг талуудыг өөрчлөн тооцоолох эсвэл үндсэн хувилбарт давхардуулан оруулсан үед системтэйгээр дутуу үнэлэгддэг бодит эерэг боломжуудыг мөн бий болгож байдаг.

Техникийн багууд эдгээр үр дүнгийн хүрээг бизнесийн үнэ цэнийн хэл рүү хөрвүүлэх, мөн нэг цэгийн тооцоололд ач холбогдол өгөхөөс татгалзаж, үүнийг хүрээ (range) байдлаар танилцуулах үүрэгтэй. Бүтэн системээр нь дискрет үйл явцыг загварчлан симуляци хийх, ялангуяа төслийн эхэнд эрт үе шатанд нь олон давталттайгаар хийх нь бодитой цар хүрээнд нь, хэрэгжих боломжтой хуваариудыг боловсруулах тал дээр одоогоор зах зээлд бэлэн байгаа хамгийн үр дүнтэй хэрэгсэл юм. Эдгээр хуваарь дээр үндэслэн боловсруулсан, цаг хугацааг хамарсан мөнгөн урсгал, NPV, уурхайн ашиглалтын хугацаа болон санхүүжилтийн оргил ачаалаар илэрхийлэгдсэн бизнесийн хавсарсан хувилбарууд нь бизнесийн удирдлагуудад төслийг хэт консерватив эсвэл хэт өөдрөг нэг цэгийн үнэлгээ гэж харахаас илүүтэйгээр, яг байгаагаар нь буюу утга учиртай боловч хязгаарлагдмал эрсдэл бүхий асар том боломж гэж хүлээн авахад тусалдаг.

Техникийн ажилтнууд эрсдэлийг боломж болон аюул заналхийллийн үүднээс зөн билгээрээ сайн ойлгож, нөхцөл байдлыг хурдан мэдэрдэг. Гэсэн хэдий ч далд уурхайн их хэмжээний нураан олборлолтын гүнзгий мэргэшсэн мэдлэг, түршлага дээд шатны удирдлагуудын дунд ховор хэвээр байна; тиймээс бидний судалгаа хийж, бүтээн байгуулахаар зорьж буй төслүүдийн үнэ цэнийг зохих ёсоор гаргахын тулд бид эрсдэлийг бизнесийн хэл рүү тогтвортой хөрвүүлж байх шаардлагатай.

Талархал

Блоклон болон панелиар нураан олборлох төслүүдийн төлөвлөлт, үнэлгээ болон ашиглалтын үйл ажиллагаанд хувь нэмрээ оруулсан эрхэм хамтран зүтгэгчиддээ тэдгээрээс нь олж авсан түршлагаа энд хуваалцсаны хувьд зохиогчийн зүгээс гүн талархал илэрхийлж байна.

Хиймэл оюун (AI) ашигласан тухай мэдэгдэл

Энэхүү бүтээлийг бэлтгэхдээ зохиогч нь уг өгүүллийн ноорог гаргах болон форматыг хэлбэржүүлэхэд туслалцаа авах зорилгоор Клауд Опус 4.7 (Anthropic)-ийг ашигласан болно. Автор нь агуулгыг хянаж, шаардлагатай хэсгүүдэд засвар оруулсан бөгөөд уг агуулгын бүрэн хариуцлагыг өөрөө хүлээнэ.

Мэдэгдэл

Энэхүү бүтээлийг англи эхээс монгол хэл уруу үнэн зөв, чанартай, мэргэжлийн түвшинд орчуулах бүхий л боломжит хүчин чармайлтыг бид гаргасан болно. Гэсэн хэдий ч орчуулагч “Кью Эм Си” ХХК болон ACG нь уг өгүүллийн орчуулгаас үүдэн гарч болох аливаа зөрүүтэй байдал, алдаа ташаа баримт, бүрүү тайлбартай холбоотой ямар нэгэн үүрэг, хариуцлага хүлээхгүй болохыг мэдэгдэж байна.

Ашигласан эх сурвалжууд

- Flyvbjerg, B 2023, ‘Удаан бод, түргэн хөдлө’, in D Gardner (ed.), *Том зүйлс хэрхэн хийгддэг вэ*, Random House, New York, pp. 3–21.
- Labrecque, P, Newman, T & Dudley, J 2012, ‘Хойд Хюго Давхар 1 панель нураалттай уурхайд хүдэр буулгуур барих хурд, үйлдвэрлэлийн хүчин чадал, зардал тооцоход ARENA® симуляци ашигласан нь’, *MassMin 2012 хурлын эмхэтгэл*, Канадын уул уурхай, металурги, газрын тосны институт, Сүдбури.
- Wolgram, J, Li, Z & Scoble, M 2012, ‘Оюу Толгойн далд уурхайн бүтээн байгуулалтын хуваарь гаргахад симуляцийн аргачлалууд ашигласан нь’, *MassMin 2012 хурлын эмхэтгэл*, Канадын уул уурхай, металурги, газрын тосны институт, Сүдбури.