



NATIONAL UNIVERSITY OF MONGOLIA
SCHOOL OF ART AND SCIENCES
DEPARTMENT OF GEOGRAPHY

Geographical Issues

Газарзүйн Асуудлууд

Volume 26 (01)

ISSN: 2312-8534

2026

Ulaanbaatar

A Review Study on the Assessment of Transport Networks

Urantamir Gankhuyag^{1,2*}, Byambakhuu Gantumur¹, Battengel Vandansambuu¹, Altanbagana Myagmarsuren²

¹ Department of Geography, School of Art and Sciences, National University of Mongolia, Ulaanbaatar 210646, Mongolia

² Division of Social and Economic Geography, Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar 15170, Mongolia

* Corresponding author: urantamirg@gmail.com

Received: 2025.07.03

Revised: 2025.09.15

Accepted: 2025.09.16

Abstract

Regional cooperation, global trade, and the growing demand for transportation necessitate the development of efficient transport networks. This study aims to establish a comprehensive knowledge base on the evolution of transport networks, assess major axes and corridors, identify emerging trends, and highlight existing research gaps. To achieve this, a thematic taxonomy was developed based on objectives, topics, scope, keywords, methodologies, and similarities. Using the Web of Science (WoS) database, 937 publications related to transport networks and corridors were initially retrieved. Of these, 198 articles were selected and analyzed through three stages: assessing the accessibility of the papers, checking for overlap, and conducting content analysis. Recent studies on transport network and corridor assessments indicate that since 2021, the keywords 'Bayesian network', 'transport corridor', 'resilience assessment', and 'quality' have gained increasing prominence. The articles assessing transport networks and corridors can be categorized into five clusters according to the thematic taxonomy: (1) investment and benefit analysis, (2) performance assessment, (3) environmental, social, and economic impact analysis, (4) resilience and risk analysis, and (5) comparative assessment of alternatives. The methods most commonly employed in these assessments include multi-criteria analysis, data envelopment analysis, and time–cost–distance methods. While studies evaluating transportation alternatives have increasingly focused on efficiency, they have largely overlooked the issue of optimal spatial location. A comprehensive assessment that simultaneously addresses both efficiency and optimal spatial location could provide significant advantages.

Keywords: Transport networks, Transportation corridor, Spatial analysis, Network assessment, Spatial efficiency

Тээврийн сүлжээг үнэлэх судалгааны судлагдсан байдлын тойм

© Ганхуяг Урантамир^{1,2*}, Гантөмөр Бямбахүү¹, Вандансамбуу Батцэнгэл¹, Мягмарсүрэн Алтанбагана²

¹ Газарзүйн тэнхим, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, Улаанбаатар 210646, Монгол Улс

² Нийгэм эдийн засгийн газарзүйн салбар, Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн, ШУА, Улаанбаатар 15170, Монгол Улс

*Харилцагч зохиогч: urantamir@gmail.com

Хүлээн авсан: 2025.07.03

Засварласан: 2025.09.15

Зөвшөөрөгдсөн: 2025.09.16

Хураангуй

Бүс нутгийн хамтын ажиллагаа, дэлхийн худалдаа, тээвэрлэлтийн өсөн нэмэгдэж хандлага нь үр ашигтай тээврийн сүлжээг хөгжүүлэх шаардлагыг бий болгож байна. Энэхүү судалгаа нь тээврийн сүлжээ, тэнхлэг, коридорын үнэлгээний судалгааны хувьслын талаар өргөн хүрээний мэдлэгийн бий болгох, улмаар шинээр гарч ирж буй чиг хандлагыг илрүүлэх, тэдгээрийн зорилго, сэдэв, цар хүрээ, түлхүүр үг, аргазүй, ижил төстэй байдалд тулгуурлан сэдэвчилсэн ангилал зүйг хийж, судалгааны цоорхойг илрүүлэхэд оршино. Уг судалгаанд Web of Science (WoS) мэдээллийн санг ашигласан бөгөөд тээврийн сүлжээ, коридортой холбоотой хайлт хийхэд 937 илэрцийг илрүүлж, улмаар өгүүллийн pdf байдлаар олдох боломж, давхцал, агуулгын шинжилгээ гэсэн 3 шатны шинжилгээ хийсний үндсэн дээр нийт 198 өгүүлэлд харьцуулсан дүн шинжилгээ хийсэн. Тээврийн сүлжээ, коридорын үнэлгээний талаарх сүүлийн жилүүдэд хийгдсэн судалгаануудад авч үзвэл 2021 оноос хойш Байесын сүлжээ, тээврийн коридор, уян хатан байдлын үнэлгээ, чанар гэсэн түлхүүр үгс илүү хүчтэй ашиглагдах болсон байна. Тээврийн сүлжээ, коридорыг үнэлж буй нийтлэлүүдийг зорилго, сэдэв, цар хүрээ, түлхүүр үг, аргазүй, ижил төстэй байдалд тулгуурлан сэдэвчилсэн ангилал зүйг хийхэд хөрөнгө оруулалт ба үр ашгийн шинжилгээ, гүйцэтгэлийн үнэлгээ, байгаль орчин, нийгэм, эдийн засагт үзүүлэх нөлөөллийн шинжилгээ, уян хатан байдал ба эрсдэлийн шинжилгээ, хувилбаруудын харьцуулсан үнэлгээ гэсэн 5 кластерт хамруулж үзэх боломжтой байна. Тээврийн сүлжээ, коридорын үнэлгээнд гол төлөв олон шалгуурын дүн шинжилгээ, өгөгдлийн бүрхүүлийн шинжилгээ, цаг хугацаа-зардал-зайн аргыг ашиглаж байна. Тээврийн хувилбаруудыг үнэлж сонголт хийсэн судалгаануудад үр ашгийн асуудалд илүүтэй төвлөрч байгаа ба орон зайн оновчтой байршилыг бага харгалзсан бөгөөд орон зайн оновчтой байршил, үр ашгийн асуудлыг цогцоор үнэлэх нь илүү давуу талыг бий болгох боломжтой байна.

Түлхүүр үгс: Тээврийн сүлжээ, Тээврийн коридор, Орон зайн дүн шинжилгээ, Сүлжээний үнэлгээ, Орон зайн үр ашиг

©Зохиогчийн оруулсан хувь нэмэр: **Г.Урантамир:** Онолын үндэслэл, аргазүй боловсруулалт, өгөгдөл боловсруулалт, үндсэн бичвэр, өгөгдөл цуглуулалт, боловсруулалт **Г.Бямбахүү:** Судалгааны мэдээ, материал бүрдүүлэлт, боловсруулалт, үр дүнгийн хяналт **В.Батцэнгэл, М.Алтанбагана:** Үр дүнгийн хяналт.

Оршил

Даяаршил, эдийн засгийн хамтын ажиллагаа өргөжиж, улс хоорондын худалдаа нэмэгдэж байгаа өнөө үед зам, тээврийн оновчтой сүлжээг төлөвлөн хөгжүүлэх нь тулгамдсан асуудлын нэг болоод байна. Тээврийн сүлжээ нь зангилаа (төв) зам буюу зангилааны хоорондох холбоосоор илэрхийлэгдсэн холболтууд бөгөөд холбоос нь авто зам, төмөр зам гэх мэт бодит зам, тээврийн коридорууд, эсвэл агаарын болон далайн коридор байж болно (Rodrigue et al., 2013). Сүлжээг бий болгох нь тухайн бүс нутагт нэвтрэх, хөдөлгөөнийг хангах, тодорхой худалдааны коридор эсвэл технологийн хөгжлийг бэхжүүлэх, тодорхой горим, сүлжээг илүү давуу талтай болгох зэрэг стратегийн үр дүнд бий болдог (Jean-Paul Rodrigue, 2013).

Тээврийн тэнхлэгийн талаар ойлголтуудыг нэгтгэн илэрхийлбэл нийгэм, эдийн засгийн гол төвүүд, нутаг дэвсгэрийг гадаад орнуудын үндсэн тэнхлэгүүдтэй холбож, худалдаа, зорчигч, ачаа тээврийн эргэлт, мэдээллийн урсгал, солилцоог нэмэгдүүлэх эдийн засаг, дэд бүтцийн шугаман бүс гэж ойлгох боломжтой (Алтанбагана, 2022).

"Тээврийн коридор" гэсэн ойлголтод нарийн тодорхойлолт байхгүй боловч энэ нь физик болон функциональ хэмжигдэхүүнтэй байх ба физик бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн хувьд коридор нь эдийн засгийн үйл ажиллагааны төвүүдийг холбосон нэг буюу хэд хэдэн чиглэлийг агуулдаг (Arnold, 2005). Тээврийн төлөвлөлтийн асуудал нь эдийн засаг, нийгэм, байгаль орчинд хамгийн их ашиг тустай байх үүднээс авто зам, төмөр зам, дугуйн зам, явган хүний зам зэрэг биет дэд бүтцийг зохион бүтээх, байршуулах тухай ойлголт юм (O'Flaherty, 1997; Parkin, 2018).

Дэлхийн бүс нутгууд тээврийн тэнхлэг, коридорыг хөгжүүлэх томоохон санаачилгууд хөгжиж байна (Алтанбагана, 2022). Тухайлбал Евроазид "Бүс ба Зам" санаачилга, Транссибирийн тээврийн коридор, Төв Азийн бүс нутгийн эдийн засгийн хамтын ажиллагаа (CAREC), Зүүн хойд Азийн бүс нутгийн эдийн засгийн интеграци зэрэг дэлхийн дэд бүтцийн хөгжлийн стратегийн чиглэлээр янз бүрийн санаачилга, хамтын ажиллагаа батлагдаж байна (Choi, Young, 2007). Тээврийн тусламжтай улс орон, бүс нутаг, аймаг сумдын хооронд болон гадаад орнуудтай худалдаа, эдийн засгийн харилцаа, бүтээгдэхүүн солилцоо явагдаж байдаг (Авхинсүх, 2009). Далайд гарцгүй орнуудын хувьд дамжин өнгөрөх тээврийг нөхцөлийг хангах, үр ашигтай тээврийн системийг хөгжүүлэхэд бүс хамтын ажиллагаа зайлшгүй чухал юм (Regmi, Hanaoka, 2012). Шинэ дэд бүтцийн төслийг хэрэгжүүлэхийн тулд эхлээд бүх боломжит хувилбаруудыг тодорхойлох, хоёрдугаарт, хувилбаруудыг эдийн засгийн үнэлгээ өгөх шаардлагатай (Gramlich, 1994).

Тээврийн дэд бүтэц нь байгаль орчинд ихээхэн нөлөө үзүүлдэг урт хугацааны, маш өндөр өртөгтэй хөрөнгө оруулалт юм. Юу, хаана, хэзээ хөрөнгө оруулалт хийх вэ гэдэг асуудлыг зах зээлийн хүчин дангаараа шийдэж чадахгүй. Тээврийн сүлжээг төлөвлөх шаардлагатай. Технологийн дэвшил, зохицуулалттай үйлдвэрүүдийн туршлага, эдийн засгийн онолын сүүлийн үеийн хөгжил, төсвийн хатуу хязгаарлалт зэрэг нь засгийн газруудыг тээврийн дэд бүтцийг төлөвлөх, үнэлэх аргачлалыг эргэн харах нөхцөлийг шаардах болсон (De Rus, Socorro, 2017).

Тээврийн сүлжээ, тээврийн асуудлуудтай холбоотой судлагдсан байдлын шинжилгээ хийсэн өгүүлэл харьцангуй цөөн байна. Тухайлбал Ansari et al. (2018) нар логистик ба тээврийн системийн сүүлийн үеийн дэвшил, одоогийн судалгааны цоорхойг тодорхойлох зорилгоор тасралтгүй ойролцоо тооцоолол (CA) загваруудыг боловсруулсан 1996-2016 оны хооронд хийгдсэн судалгаануудад судлагдсан байдлын шинжилгээ хийж, судалгааны цоорхой, асуудлуудыг томьёолсон. Marchetti, Wanke, (2019) нар төмөр замын тээврийн үр ашгийг тодорхойлсон 2000-2016 оны хооронд хийгдсэн төмөр замын үр ашгийн талаар судлагдсан байдлын шинжилгээ хийж, параметрийн болон параметрийн бус загваруудын тооцоолол, мета-анализыг ашиглан түүврийн дундаж үр ашгийн өөрчлөлтөд нөлөөлж болох гол талуудыг олж тогтоожээ. Wang et al. (2019) нар тээврийн системийг гүнзгий сургалтын технологийн талаарх

судлагдсан байдлыг тойм судалгааг явуулж, улмаар тээврийн олон хэрэглээнд хэрхэн ашигласан талаар тодорхой дүр зургийг гаргасан. Karam et al. (2021); Van Eldijk et al. (2022) нар тээврийн сүлжээг хэрэгжүүлэхэд тулгарч буй саад бэрхшээлүүдийн талаар судлагдсан байдлын судалгаа хийж, тулгарч буй саад бэрхшээлүүд, тэдгээрийн үр нөлөөг үнэлэх бодит аргуудыг санал болгожээ. Alhjouj et al. (2022) нар тогтвортой тээврийн дэд бүтцийн талаар 1997-2021 оны хооронд хийгдсэн 683 өгүүлэлд судлагдсан байдлын шинжилгээ хийж, тогтвортой зам дахь хамгийн сүүлийн үеийн байдлыг нэгтгэн дүгнэжээ. Sahin (2023) нийтийн тээврээр зорчих шийдвэр гаргалтын талаар сүүлийн 18 жилийн хугацаанд хэвлэгдсэн өгүүлүүдэд судлагдсан байдлын шинжилгээ хийсэн. Borchers et al. (2024); Mumm et al. (2025); Johari et al. (2021) нар хотын хөдөлгөөн, хотын сүлжээний макроскоп загварчлал, хотын газар ашиглалт, тээврийн харилцан үйлчлэл, сүлжээний талаар судлагдсан байдлын тойм шинжилгээг хийсэн. Giuffrida et al. (2019) нар тээврийн судалгаанд сайн дурын газарзүйн мэдээлэл болон олон нийтийн оролцоотой GIS-ийн хэрэглээний талбаруудын талаар судлагдсан байдлын шинжилгээ хийж, олон шалгуурт шийдвэрийн дүн шинжилгээ хийх нь хамгийн ашигтай арга болохыг тодорхойлсон.

Эдгээр судлагдсан байдлын тоймуудад тээврийн систем, түүнд гүнзгий сургалтын аргыг ашиглах, төмөр замын тээврийн үр ашгийг тодорхойлох, тээврийн дэд бүтцийг хөгжүүлэхэд тулгарч буй саад бэрхшээл, хөгжлийн асуудал, нийтийн тээврийн зорчих шийдвэр гаргалт, хотын замын хөдөлгөөн, сүлжээний макроскоп загварчлал, газар ашиглалт, тээврийн судалгаанд ГМС-ийг ашиглах асуудлыг авч үзжээ. Гэвч тээврийн сүлжээ, тэнхлэг, коридорын үр ашигтай сүлжээг бий болгох, орон зайн хувьд оновчтой байршлыг үнэлэх судалгаанд шууд ашиглах, холбогдох арга аргачлалыг судалсан судлагдсан байдлын тойм судалгаа хомс байна. Тиймээс тээврийн сүлжээ, тэнхлэг, коридорыг орон зайн хувьд оновчтой байршлыг тодорхойлох, үр ашигтай сүлжээ бий болгох, үнэлэх асуудлыг системтэй судлах, өмнө хийгдсэн судалгаануудын цоорхойг илрүүлэх, орчин үеийн шаардлагад нийцсэн аргагүйн болон хүчин зүйлсийн тодорхойлох хэрэгцээ үүсэж байна.

Энэхүү тойм өгүүлэл нь ялангуяа тээврийн сүлжээ, тээврийн тэнхлэг, тээврийн коридорыг үнэлэхтэй холбоотой асуудлуудыг судалсан судалгаануудаас шаардлагатай арга аргачлал, холбогдох хүчин зүйлсийг тодорхойлсон.

Судлагдсан байдлын шинжилгээ хийх олон аргыг судлаачид боловсруулжээ. Тухайлбал системчилсэн дүн шинжилгээ (Alvarez et al., 2021; Matsa et al., 2024; Johnson et al., 2022), реалист судлагдсан байдлын тойм арга (Baykasoglu et al., 2019), библиометрийн шинжилгээний арга (Shi et al., 2020), шинжлэх ухааны тоон судалгааны дүн шинжилгээ (Gandhi et al., 2022), эшлэл, сүлжээ, хамтарсан үгийн шинжилгээ, холимог аргын тойм (Gu, Liu, 2025) зэрэг аргууд байна (Зураг 1).



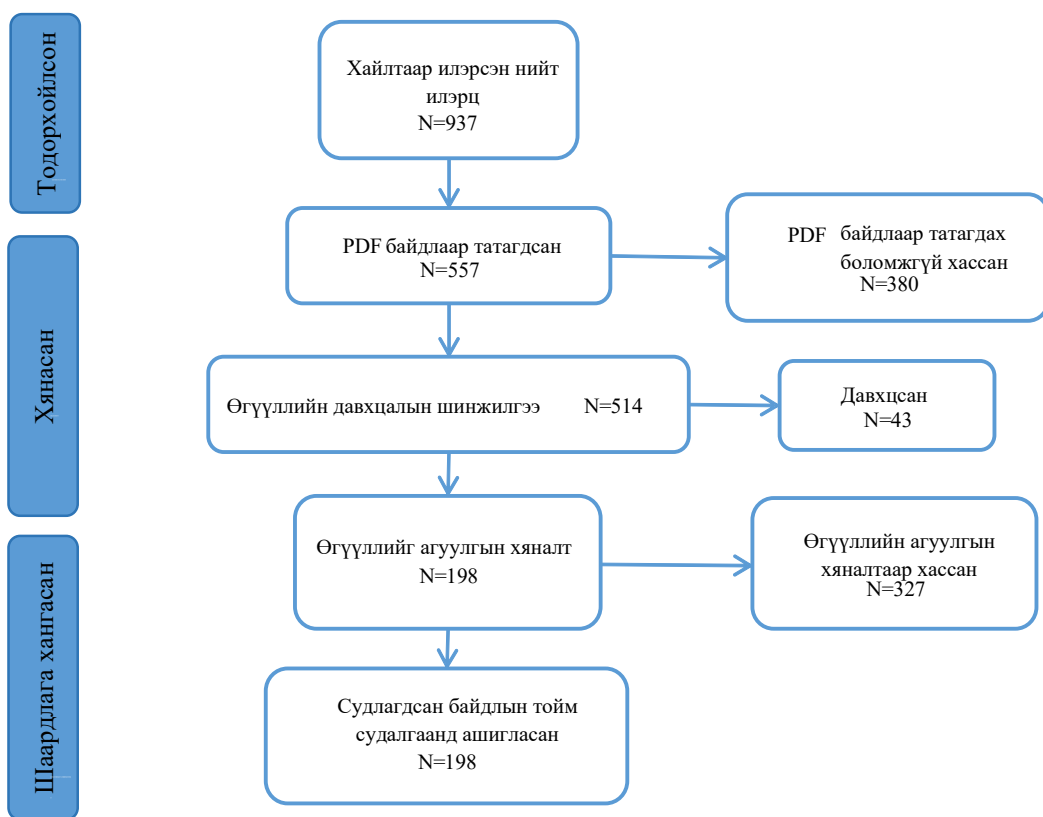
Зураг 1. Судлагдсан байдлын шинжилгээ хийх аргачлал

Уг судалгаа нь өмнө хийгдсэн судалгаануудыг гол болгож байгаа тул системчилсэн дүн шинжилгээ хийх арга зүй хэрэглэх нь илүү тохиромжтой байна. Энэхүү арга нь одоо байгаа баримт бичгүүдийг хайж олох, харьцуулах, үнэлэх, өгөгдөлд дүн шинжилгээ хийх, нотлох баримтыг үнэлэх боломжийг олгодог бөгөөд ингэснээр тухайн судалгааны хүрээнд юуг нь судалсан, юу нь судлагдаагүй талаар дүгнэлт гаргах боломжтой (Alvarez et al., 2021) болно.

Тээврийн сүлжээ, тэнхлэг, коридорын үнэлэх судалгааны хувьслын талаар өргөн хүрээний тойм хийх, шинээр гарч ирж буй чиг хандлага, сэдэвчилсэн ангилал зүй, хүчин зүйлийн цоорхойг тодорхойлоход энэхүү судалгааны зорилго оршино.

Судалгааны материал, аргазүй

Ихэнх зохиогчид холбогдох судалгааг олохын тулд системчилсэн судлагдсан байдлын шинжилгээнд хамрах хүрээ, чанарт тулгуурлан google scholar, WoS гэх мэт олон мэдээллийн санг өргөн (Li Xiao, 2017) ашигладаг. Тийм учраас энэхүү судалгаанд WoS мэдээллийн санг ашигласан. Системчилсэн судлагдсан байдлын тоймыг боловсруулахдаа PRISMA удирдамж (Johnson, Matthews et al. 2022)-ыг (Зураг 2) ашигласан.



Зураг 2. Системчилсэн судлагдсан байдлын тойм судалгаа явуулах PRISMA схем.

WoS мэдээллийн сан нь 2017 оноос үйл ажиллагаа эхэлсэн бөгөөд бид тээврийн сүлжээний үнэлгээ, тээврийн коридорын үнэлгээ, тээврийн сүлжээний судлагдсан байдал гэсэн 3 түлхүүр үгээр 2017 оноос 2025 оны 3 сар хүртэл хэвлэгдсэн нийтлэлүүдэд хайлт хийж библиометрийн өгөгдлийг бүртгэсэн.

Гарчиг нь нарийн төвөгтэй шинж чанартай тул тавьсан зорилгодоо хүрэхийн тулд янз бүрийн төрлийн түлхүүр үгсийг ашигласан (Matsa et al., 2024). Энэхүү хайлтаар нийтлэлийн гарчиг, хураангуй эсвэл түлхүүр үгийн аль алинд нь сонгогдсон 3 түлхүүр үгтэй таарч тохирсон

өгүүлүүдийг илрүүлсэн. Урьдчилсан хайлтаар 937 өгүүлэл олдсон бөгөөд хэд хэдэн хасах шалгуурыг ашиглан шүүлтүүр хийсэн. Үүнд:

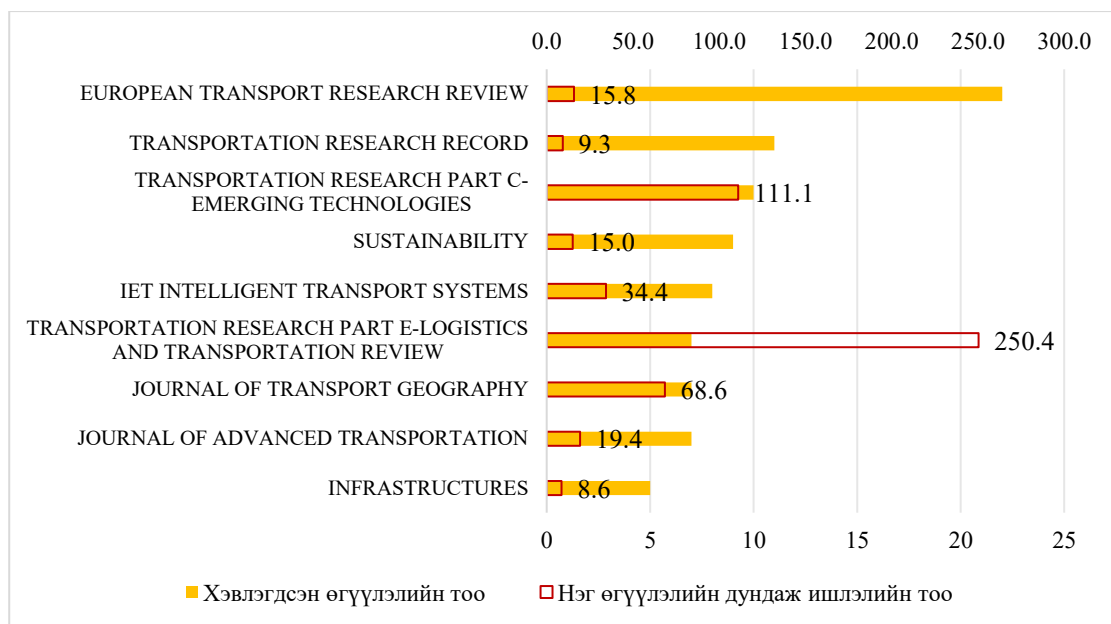
Нэгдүгээрт дээрх хайлтын илэрцээс PDF байдлаар татаж авах боломжтой өгүүллийг ялгасан. Үүний үр дүнд нийт 380 өгүүлэл хасагдсан. Хоёрдугаарт өгүүллийн давхцалд дүн шинжилгээ хийхэд судлагдсан байдлын харьцуулсан судалгааны өгүүллээс 13, тээврийн сүлжээ, тэнхлэг, коридорыг үнэлгээ хийсэн судалгааны өгүүллээс 30 өгүүлэл хасагдсан. Түлхүүр үгийн хувьд уялдсан ч өөр өөр сэдвээс гарсан нийтлэлүүдийг хасах (Meyer, 2020) шаардлагатай. Гуравдугаарт өгүүллийн судалсан асуудалд хяналт хийхэд нийт 327 өгүүлэл хасагдсан. Төгсгөлд нь 198 өгүүллийг Endnote программ дээр хадгалж, судлагдсан байдлын шинжилгээнд хамруулсан.

Бид тээврийн сүлжээ, тэнхлэг, коридорыг үнэлэх талаар хийгдсэн судалгаа, тэдгээрийн чиг хандлагыг тоймлохын тулд эхлээд түлхүүр үгсийн давтамж, цаг хугацааны үечлэлд тулгуурлан харьцуулсан шинжилгээ хийсэн. Үүний дараа хавсарсан байдлын шинжилгээ хийх замаар кластеруудыг үүсгэсэн. Энэхүү судалгаанд кластерын зураглал хийхэд Van Eck (2010)-ын боловсруулсан VOSviewer шинжлэх ухааны тоон судалгааны дүн шинжилгээ хийх программ хангамжийг ашигласан. VOSviewer нь эх сурвалж, улс орон, байгууллага, зохиогчид, баримт бичиг, түлхүүр үгсийн интерактив номзүйн сүлжээг хамтран зохиогч, эсвэл эшлэлийн холболт дээр үндэслэн үүсгэх хэрэгсэл юм (Gandhi et al., 2022). Үүсгэсэн кластер бүрээр тээврийн сүлжээ, тэнхлэг, коридорыг үнэлэх аргачлалуудад харьцуулсан дүн шинжилгээ хийсэн.

Судалгааны үр дүн ба хэлэлцүүлэг

Сэтгүүлийн хуваарилалт ба эшлэлийн дүн шинжилгээ: Судалгаатай холбоотой өгүүллийн тоо 2017 оноос хойш нэмэгдэж байгаа хэдий боловч тээврийн сүлжээг орон зайн талаас бус үр ашгийн талаас үнэлэх байдал нь нэмэгдсэн байна. Боломжит шалтгаан нь бүс нутгийг дамнасан томоохон тээврийн коридорууд хөгжих болсон, нөгөөтээгүүр эдгээрийн коридоруудыг хөгжүүлэхэд үр ашгийн тооцооллын зайлшгүй хийх шаардлага бий болсонтой холбоотой байж болох юм.

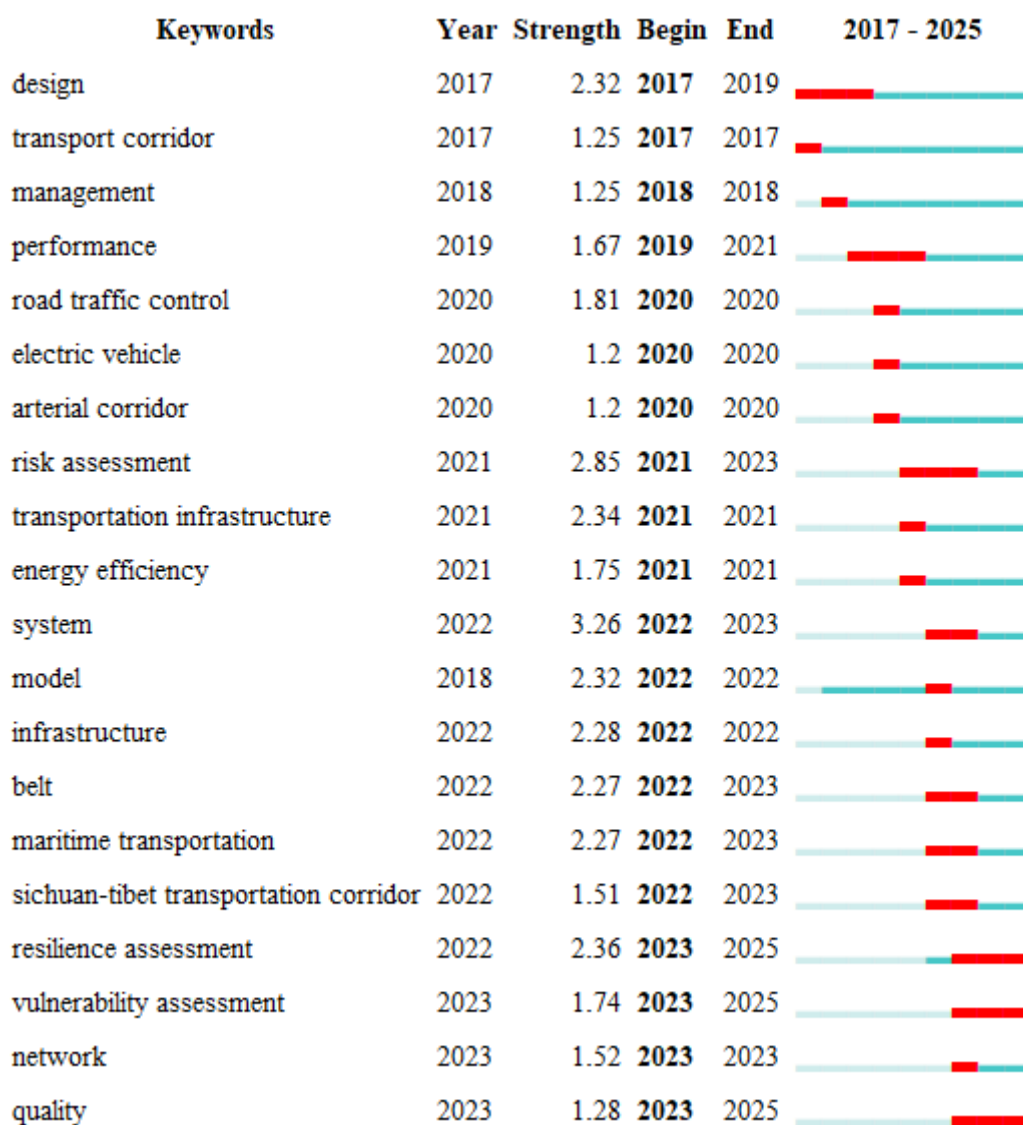
Нийт 198 өгүүлэл нь 89 өөр сэтгүүлд харьяалагдах бөгөөд 74 сэтгүүл нь жилд нэгээс хоёр өгүүлэл гаргаж байгаа бол шилдэг 9 сэтгүүл нийт өгүүллийн 44 орчим хувийг нийтэлж байна. Зураг 2-т тэргүүлэх сэтгүүлүүдийн оруулсан өгүүлүүдийг харуулав. Өгүүллийн тоогоор, Европын тээврийн судалгааны тойм (22 нийтлэл, 11.3%) тэргүүлж, Тээврийн судалгааны бичиглэл сэтгүүл (11, 5.6%), Тээврийн судалгааны С хэсэг: Шинээр гарч буй технологи (10, 5.1%), Тогтвортой байдал (9, 4.6%) ИЕТ ухаалаг тээврийн систем (8, 4.1%), Дэвшилтэт тээвэр, Тээврийн газарзүйн сэтгүүл, Тээврийн судалгааны Е хэсэг: Логистик тээврийн тойм сэтгүүл (7, 3.5%) удаалж байна. Мөн өгүүлэлд ногдох дундаж эшлэл нь сэтгүүлийн өгүүллийн нөлөөг тодорхойлох чухал үзүүлэлт юм. Хамгийн олон өгүүлэл нийтэлсэн сэтгүүл нь хамгийн нөлөө бүхий сэтгүүл байх албагүй бөгөөд нэг өгүүлэлд ногдох эшлэлийн тоо нь өндөр сэтгүүл нь илүү ач холбогдолтой байна. Тээврийн судалгааны С хэсэг: Шинээр гарч буй технологи сэтгүүлд холбогдох арван өгүүлэл нийтлэгдсэн бөгөөд нэг өгүүлэлд дунджаар 250 гаруй эшлэл авч (Зураг 3) байна.



Зураг 3. Хамгийн олон өгүүлэл хэвлэгдсэн шилдэг 9 сэтгүүл

Түлхүүр үгсийн хавсарсан байдлын шинжилгээ: Агуулгын дүн шинжилгээ нь түлхүүр үгс болон бусад тархалтын давтамж дээр үндэслэн одоогийн халуун сэдвүүдийг тодорхойлох зорилготой бөгөөд одоо байгаа судалгаануудын дунд эшлэлийн сүлжээний дүн шинжилгээ хийсний дараа үргэлж ашигладаг арга юм (Van Meeteren et al., 2016; Leung et al., 2018; Wu et al., 2019). Нөгөөтгээгүүр түлхүүр үгст шинжилгээ хийснээр агуулгын хувьд өгүүллийг ангилах боломжийг олгодог (Gandhi et al., 2022).

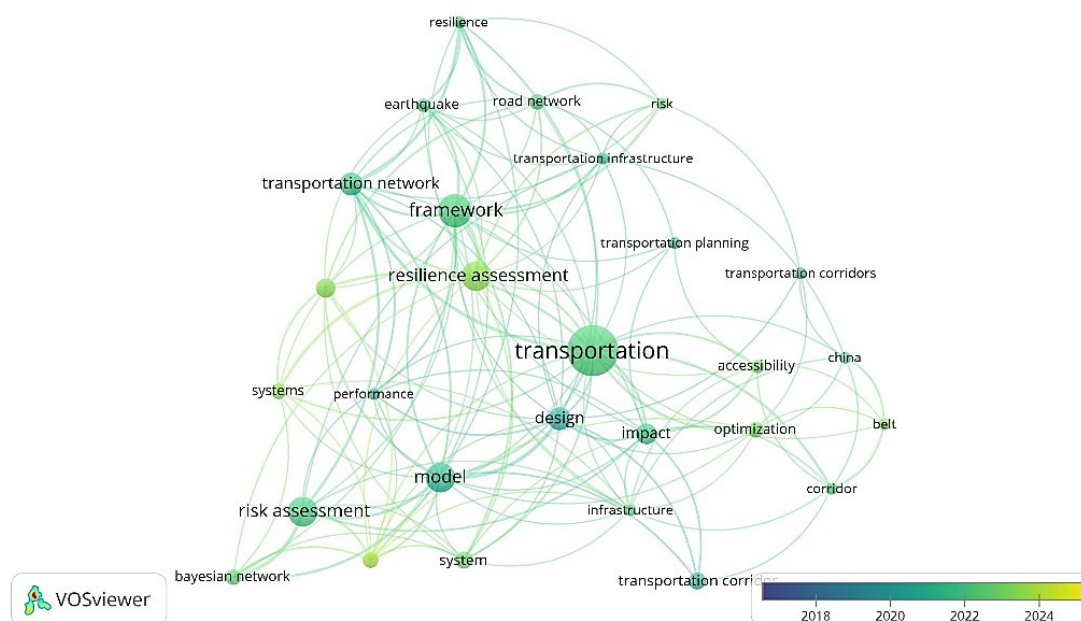
Судалгааны ашиглаж буй түлхүүр үгнүүдийг давтамж, цаг хугацааны үечлэлээр харьцуулсан дүн шинжилгээ хийхэд 2017-2020 оны хооронд дизайн, тээврийн коридор, тээврийн сүлжээ, гүйцэтгэл, замын хөдөлгөөний хяналт, цахилгаан тээвэр, 2021-2023 оны хооронд эрсдэлийн үнэлгээ, тээврийн дэд бүтэц, эрчим хүчний үр ашиг, систем, загвар, далайн тээвэр, бүс, тээврийн коридор гэсэн үгс олон давтамжтай байсан бол 2023 оноос хойш уян хатан байдлын үнэлгээ, эмзэг байдлын үнэлгээ, сүлжээ, чанар гэсэн үгс олон давтамжтай ашиглагдах болсон (Зураг 4) байна.



Зураг 4. Хамгийн олон давтагдсан эшлэл бүхий шилдэг 20 түлхүүр үгс

Түлхүүр үгсийн шинжлэх ухааны зураглал дээр үндэслэн сэдэвчилсэн ангилал зүйг боловсруулах боломжтой бөгөөд 2017-2025 оны хооронд цуглуулсан 198 өгүүлийг түлхүүр үгс, судалгааны цар хүрээ (Зураг 5), ижил шинж чанартай сэдвүүдийг өөр өөр салбар, дэд салбаруудад нэгтгэж, ангилал зүйг нэгдмэл, ойлгоход хялбар үүднээс ерөнхийлөхөд дараах таван асуудалд хувааж үзэх боломжтой байна. Үүнд:

- (I) Тээврийн сүлжээ, коридорын хөрөнгө оруулалт ба үр ашгийн шинжилгээ
- (II) Тээврийн сүлжээ, коридорын гүйцэтгэлийн үнэлгээ
- (III) Тээврийн сүлжээ, коридорын байгаль орчин, нийгэм, эдийн засагт үзүүлэх нөлөөллийн шинжилгээ
- (IV) Тээврийн сүлжээ, коридорын уян хатан байдал ба эрсдэлийн шинжилгээ
- (V) Тээврийн сүлжээ, коридорын хувилбаруудын харьцуулсан үнэлгээ



Зураг 5. Түлхүүр үгсийн давтагдал, уялдаа холбоо

Судалгааны асуудлын харьцуулсан шинжилгээ:

(I) Тээврийн сүлжээ, коридорын хөрөнгө оруулалт ба үр ашгийн шинжилгээ: Tawfik, Limbourg (2018) Европын тогтвортой тээврийн системийг бий болгохын тулд интермодалийн тээвэртэй холбоотой үнийн асуудлыг судалсан. Marchetti, Wanke (2019) төмөр замын тээврийн үр ашгийг тодорхойлохтой холбоотой судлагдсан байдлын шинжилгээ хийж, параметрийн болон параметрийн бус загваруудын тооцоолол, мета-анализыг ашиглан түүврийн дундаж үр ашгийн өөрчлөлтөд нөлөөлж болох гол талуудыг олж тогтоожээ. Almotahari, Yazici, (2020) тээврийн сүлжээний топологи, түгжрэлийн түвшний талаар судлагдсан байдлын судалгаа хийж, тээврийн сүлжээний үр ашгийн хэмжигдэхүүн, холбоосны урсгал нь сүлжээний тодорхой шинж чанаруудыг төлөөлөх боломжтойг тодорхойлжээ.

Mitsubishi (2005) Тээврийн коридорын үр ашгийг дээшлүүлэхэд тээврийн мэдээллийн систем, боомтын бүтээмж, худалдаа, тээврийг хөнгөвчлөх, тээврийн дэд бүтэц, олон төрлийн тээврийн холболт, засгийн газар хоорондын хамтын ажиллагаа зэрэг нь чухал ач холбогдолтой болохыг тодорхойлжээ. De Rus, Socorro (2017) тээврийн дэд бүтэцэд оруулсан хөрөнгө оруулалтыг судалж, нийтлэг ойлголтуудыг боловсруулж, дэлхийн тээврийн дэд бүтцийн төлөвлөлт, үнэлгээ, санхүүжилтийг илүү үр ашигтайгаар хэрэгжүүлэх шинэлэг арга зам, бүс нутгийн хөгжил оруулж хувь нэмрийг тодорхойлсон. Zhou et al. (2019) агаарын тээврийн сүлжээний үр ашгийг хэмжих шалгууруудыг санал болгож, дотоодын найман агаарын тээврийн сүлжээг үнэлсэн. Abdulsattar et al. (2020) хөдөлгөөнт байдлын үр ашиг нь холбосон тээврийн хэрэгслийн зах зээлд нэвтрэх түвшин болон хөдөлгөөний урсгалын хурднаас ихээхэн хамаарч байгааг тодорхойлсон.

Тээврийн сүлжээ, коридорын үр ашгийг хэмжихдээ гол төлөв өгөгдлийн бүрхүүлийн шинжилгээг (Jitsuzumi, 2010; Oum, 2013; Doomernik, 2015; Kutlar et al., 2013; Mallikarjun et al., 2014; Loureiro et al., 2025) ашигласан.

Тээврийн дэд бүтцийн төслийг төлөвлөх, санхүү, үр ашгийн талаарх өмнө хийгдсэн судалгаануудаас үзэхэд тээврийн дэд бүтцийн хөрөнгө оруулалтыг оновчтой болгох, үр ашгийг дээшлүүлэхэд тээврийн мэдээллийн систем, боомтын бүтээмж, худалдаа, тээврийг хөнгөвчлөх,

тээврийн дэд бүтэц, олон төрлийн тээврийн холболт, засгийн газар хоорондын хамтын ажиллагаа зэрэг нь чухал ач холбогдолтой байна.

(II) *Тээврийн сүлжээ, коридорын гүйцэтгэлийн үнэлгээ*: Zuniga-Garcia et al. (2018) олон талт түвшний үйлчилгээний (MMLOS) аргачлалыг ашиглан Техас мужийн Остин дахь артерийн коридорын мультимодаль гүйцэтгэлийг үнэлэх найман аргыг харьцуулж, HCM болон TCQSM аргачлалыг ашиглах нь хамгийн үр дүнтэй болохыг тодорхойлсон. Dimitriou, Sartzetaki (2020) Хар тэнгисээс Зүүн өмнөд Газар дундын тэнгис хүртэлх ачаа тээврийн шинэ коридор байгуулах тээврийн төслийн амьдралын мөчлөгийн туршид эдийн засгийн тогтолцоонд оруулах нийт хувь нэмэр, гүйцэтгэлийн гол тоон үзүүлэлтийг тодорхойлсон. Walker et al. (2022) түүхэн гео бүтцэд тулгуурлан Их Британийн тээврийн дэд бүтцийн гүйцэтгэлд цаг агаарын нөлөөллийг судалжээ. Ivina, Ma (2024) Шведийн төмөр замын сүлжээг хамарсан найман гол шугамын байршлыг 12 шалгуур үзүүлэлтийг ашиглан дүн шинжилгээ хийж, ажлын гүйцэтгэлийн эцсийн хугацаа дөхөх тусам төлөвлөгөөний тогтвортой байдал буурч байгааг тогтоосон. Initiative (2013) GTI тээврийн коридорыг тодорхойлох цогц судалгааг хийж, тээврийн коридорын худалдаа, тээврийн өнөөгийн гүйцэтгэлийн байдал, тэдгээртэй холбоотой хязгаарлалтууд, илүү сайн ажиллуулах бодлогын зарим чиглэлийг тодорхойлсон.

Тээврийн коридорын гүйцэтгэлийг үнэлэхдээ гүйцэтгэлийн гол шалгуур болон хүчин зүйлийн кластерын шинжилгээ (Serra, Fancello 2020), өгөгдлийн бүрхүүлийн шинжилгээний (DEA) арга (Bhanot, Singh 2014; George, Rangaraj 2008)-ыг ашигласан.

(III) *Тээврийн сүлжээ, коридорын байгаль орчин, нийгэм, эдийн засагт үзүүлэх нөлөөллийн шинжилгээ*: Milewicz et al. (2023); Theilig et al. (2024); Wang et al. (2024); Garcia-Onetti et al. (2021); Némethy et al. (2022) нар тээврийн сүлжээ, коридорын хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх нөлөөллийг судалж, дуу чимээ, утааны бохирдлыг бууруулах, байгалийн амьдрах орчин, ойн амьтадын популяцид тээврийн нөлөөллийг хязгаарлах, усан зам, төмөр замын тээврийг тогтвортой хослуулах, ногоон дэд бүтцийг хөгжүүлэх, усны нөөцийг нөхөх шаардлагатай байгааг тогтоожээ. Theilig et al. (2024) байгаль орчинд ээлтэй барилгын эд анги, барилга байгууламжийн талаар системчилсэн судлагдсан байдлын судалгаа хийсэн. Wang et al. (2024) “Бүс ба Зам” санаачилгын байгаль орчин үзүүлэх нөлөөллийн талаар судлагдсан байдлын шинжилгээ хийж, эдийн засгийн коридор нь аялал жуулчлалын хөгжил, иргэдийн сайн сайхан байдал, байгаль орчны аюулгүй байдалд нөлөөлөхөд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг болохыг тогтоосон.

Тээврийн сүлжээ, коридорын нийгэмд үзүүлэх нөлөөллийн талаар олон судалгаа хийгджээ. Тухайлбал Li, Neal (2024) хотын төвлөрөл, хотын тээврийн сүлжээг харьцуулсан. Monsivais et al. (2018) тээврийн бодлого, төлөвлөлтийг хүн амын таргалалттай уялдуулан шинжилж, идэвхтэй алхах, дугуй унах байдлаар аялах болон хүнсний орчин чухал нөлөөтэйг тодорхойлсон. Wild (2024) хотын агаарын тээврийн олон талт байдлын талаар судлагдсан байдлын шинжилгээ хийж, агаарын хөдөлгөөнийг одоо байгаа тээврийн системд амжилттай нэгтгэхийн тулд тэгш хүртээмж, тогтвортой үйл ажиллагаа, олон нийтийн оролцооны талаар нэмэлт судалгаа хийх шаардлагатайг тогтоосон. Schilling et al. (2019) Европ дахь гоц халдварт өвчтэй өвчтөнүүдийн тээврийн хүчин чадалтай холбон судалж, Европын 16 орны 48 тусгаарлах байгууламжийг асуулгын аргаар үнэлсэн.

Тээврийн сүлжээ, коридорын эдийн засагт үзүүлэх нөлөөллийн талаар цөөнгүй судалгаа хийгджээ. Тухайлбал Muzamwese et al. (2024) аж үйлдвэрийн кластер дахь сүлжээнүүдийн нөлөөллийг харьцуулсан. Zubedi et al. (2022) Бүс ба Зам санаачилгын эдийн засгийн нөлөөллийг судалж, нүүрстөрөгчийн ялгарал болон эрчим хүчний хэрэглээ, эдийн засгийн өсөлт, гадаадын шууд хөрөнгө оруулалт чухал нөлөөтэйг онцолсон. Kos et al. (2018) Пан-Европын коридор Vc-ын цаашдын хөгжил, түүний боомтод үзүүлэх нөлөөллийг судалж, улс хоорондын маргаан, геополитикийн харилцааны асуудал чухал нөлөөтэйг тодорхойлсон. Sakalys et al. (2019)

үйлчилгээний чанар (тээврийн цаг, үйлчилгээ болон хүлээлгийн хугацаа, харьцах хугацаа, ажлын цаг, найдвартай байдал, уян хатан байдал) нь тээврийн коридорын синхромодализмд нөлөөлдөг хамгийн чухал үзүүлэлт (шалгуур) болохыг тогтоожээ.

Тээврийн сүлжээ, коридорын нийгэм, эдийн засаг, хүрээлэн буй орчинд үзүүлэх цогц нөлөөллийн талаар цөөнгүй судалгаа хийгджээ. Тухайлбал Povoroznyuk et al. (2023); Lim et al. (2017) нар судлагдсан байдлын шинжилгээнд тулгуурлан төмөр замын коридоруудын нийгэм, хүрээлэн буй орчинд нөлөөлөх нөлөөллийг харьцуулсан. Ahmed et al. (2023) тээврийн коридорын төслийн тогтвортой байдалд дэд бүтцийн муу нөхцөл, хотын түүхэн дүр төрх, нийтийн тээврийн давуу тал, төсвийн ил тод байдлын дутагдал, сонгууль зэрэг хөндлөнгийн нөхцөл байдал нь төслийн тогтвортой байдалд нөлөөлж байгааг тогтоосон. Mansourianfar, Haghshenas (2018) хотын тээврийн систем дэх дэд бүтцийн төслүүдийн тогтвортой байдлыг гурван хэмжигдэхүүнээр (байгаль орчин, нийгэм, эдийн засаг) 10 тоон үзүүлэлтээр үнэлсэн. Liu et al. (2021) бүс нутгийн болон тээврийн тогтвортой байдлын илтгэсэн хоёр багц 18 үзүүлэлтийг ашиглан хотын бүсийг үнэлсэн. Cheng, Chen, (2022) өндөр хурдны галт тэрэгний нийгэм, эдийн засгийн нөлөөллийн судлагдсан байдлын шинжилгээ хийж, нийгэм, эдийн засагт хүртээмжийн өөрчлөлт, тээврийн бусад хэлбэрт үзүүлэх нөлөө, байгаль орчин, аялал жуулчлал, орон сууц, газар ашиглалт, хөдөлмөрийн зах зээл ба үйлдвэрлэл, эдийн засгийн үзүүлэлт зэрэг чухал ач холбогдолтойг тодорхойлсон.

Тээврийн сүлжээ, коридорын байгаль орчин, нийгэм, эдийн засагт үзүүлэх нөлөөллийн судалгаанд олон шалгуурт шийдвэр гаргалтын арга (Theilig et al., 2024; Mansourianfar, Haghshenas 2018), олон шалгуурын шинжилгээний арга (MCA) (Liu et al., 2021), асуулга судалгааны арга (Schilling et al., 2019)-ыг ашиглажээ.

(IV) Тээврийн сүлжээ, коридорын эрсдэлийн шинжилгээ: Gonçalves, Ribeiro (2020; Wang et al. (2024) нар хотын болон хот хоорондын тээврийн системийн уян хатан байдлын онолын судалгааг хийж, улмаар үнэлгээний шалгуур үзүүлэлт, аргазүйн харьцуулсан шинжилгээг хийсэн. Van Eldijk et al. (2022) сүүлийн 60 жилийн тээврийн сүлжээний хөгжилд нөлөөлж буй саад бэрхшээлийн талаар судлагдсан байдлын шинжилгээ хийж, улмаар саад бэрхшээлийн үр нөлөөг үнэлэх бодит аргуудыг санал болгожээ. Karam et al. (2021) тээврийн сүлжээг хөгжүүлэхэд тулгарч буй саад бэрхшээлүүдийн талаар судлагдсан байдлын шинжилгээ хийж, улмаар бизнесийн загвар, мэдээлэл солилцох, хүний хүчин зүйл, хамтын шийдвэр гаргахад дэмжлэг үзүүлэх систем (CDSSs) болон зах зээл гэсэн таван ангиллын хүрээнд 31 төрлийн саад тогторыг илрүүлсэн. Hertel et al. (2023) төмөр замын сүлжээнд холбоход тулгарч буй бэрхшээлийг судалж, хөдөө орон нутагт төмөр замын системийг дахин хөгжүүлэхэд ашиглах боломжтой тээврийн хэрэгслийн шинэ үзэл баримтлалыг бий болгох шаардлагатайг тодорхойлсон. Aparicio et al. (2022); Sohounou et al. (2020) нар олон төрлийн тээврийн сүлжээний барилгын чанарыг үнэлэх аргуудыг судалж, мультимодаль тээврийн сүлжээний тохирох олон давхаргат, хөдөлгөөнд мэдрэмтгий загварчлал, GREREC загвар, сүлжээний дүн шинжилгээ нь сүлжээний барилгын чанарыг тооцоолох боломжтойг тодорхойлсон.

Colonna et al. (2018) замын аюулгүй байдлын шинжилгээ хийх чанарын болон тоон хоёр стратегийг нэгтгэж, хөдөө орон нутгийн замуудад, аюулгүй байдлын арга хэмжээ авах боломжтой протоколыг боловсруулсан. Siergiejczyk et al. (2022) төмөр замын видео хяналтын системийн үйл ажиллагааны найдвартай байдлыг үйл ажиллагааны загвар ашиглан дүн шинжилгээ хийж, системд хэрэглэгдэж буй шийдлүүдийн аюулгүй байдлыг бууруулах боломжтойг тогтоосон. Ambros et al. (2019) Чехийн авто замын сүлжээнүүдэд ослыг урьдчилан таамаглах загварыг боловсруулж, хамгийн сүүлийн үеийн замын хөдөлгөөний аюулгүй байдлын нөлөөллийн үнэлгээ, сүлжээний аюулгүй байдлын зэрэглэлийг боловсруулсан. Mwanje et al. (2024) холбогдсон болон бие даасан тээврийн хэрэгслийн боломжит кибер аюулгүй байдлын халдлагыг туршилтын

өгөгдлийн багцаар судалж, итгэлцэлд суурилсан олон төрлийн кибер аюулгүй байдлын шийдлүүдийн давуу болон сул талуудыг тодорхойлжээ.

Zhang et al. (2018) Хятад-Пакистаны эдийн засгийн коридорын макро микро түвшинд нийгмийн эрсдэлийг илтгэх 8 бүлгийн 24 дэд шалгуурыг ашиглан АНР аргыг ашиглан үнэлж, хөрөнгө оруулалтын үйл ажиллагааны нийгмийн эрсдэлийг тодорхойлсон. Argyroudou et al. (2019) геотехникийн болон цаг уурын аюулд өртөж буй тээврийн чухал дэд бүтцийн эмзэг байдлын үнэлгээний талаар сүүлийн үеийн судалгаануудад судлагдсан байдлын тойм хийж, тээврийн хэрэгсэлд үзүүлэх нөлөөг нэгтгэн дүгнэж, нийтлэг хохирлын хэлбэрүүдийг тодорхойлсон. Love et al. (2022) томоохон хэмжээний тээврийн төслүүдийг барьж байгуулах явцад яагаад чанар муутай байдаг талаар судалгаа явуулж, чанар муутай байдлыг таслан зогсоохын тулд төр, хувийн хэвшил хамтран ажиллаж, хөрөнгийн үр ашиг, үнэ цэнийг бодитоор хэрэгжүүлэхийн тулд эрсдэлээ хуваалцах нь чухал байгааг тогтоосон. Chang et al. (2023) Хятад-Австрали далайн тээврийн замд байесын сүлжээ болон гэмтлийн модны аргыг ашиглан шингэрүүлсэн байгалийн хийн тээвэрлэлтийн үйл явцад гарах 22 эрсдэлийг тодорхойлж, эрсдэлийн матрицыг ашиглан үнэлсэн.

Makarova et al. (2024) нар Арктикийн бүс нутгийн дэд бүтцийн төслүүдийг хэрэгжүүлэхэд байгаль орчны үзүүлэх нөлөө, эрсдэлийн үнэлгээг хийж, эрсдэлийн төрлөөс хамааран байгаль орчны эрсдэлийн удирдлагын тогтолцоог хэрэгжүүлэх алгоритмыг боловсруулжээ. Lasota et al. (2025) зам тээврийн эрсдэлийг үнэлэх арга, хэрэгслийн талаарх судлагдсан байдлын шинжилгээ хийж, том оврын ачаа тээвэрлэхэд гарах эрсдэлийг тодорхойлоход эрсдэлийн матрицыг ашиглан эрсдэлийн үнэлгээний загварт ерөнхий хандлагыг санал болгожээ. Hilmola (2007) Европын төмөр замын үр ашиг, эрэлт буурах үед пүүсүүдийн дасан зохицох чадварыг үнэлж, Балтын орнууд, Эстони, Латви зэрэг улсуудын төмөр замууд ачаа тээвэрлэхэд хамгийн үр дүнтэй байгааг тодорхойлсон.

Дээрх судалгаануудад тээврийн сүлжээнд нөлөөлж буй саад бэрхшээл, уян хатан байдал, барилгын чанарын байдал, аюулгүй байдал, эрсдэлийн үнэлгээнд ашиглаж буй аргазүй, шалгуур үзүүлэлт тодорхойлсон бөгөөд GREREC загвар, олон давхаргат, хөдөлгөөнд мэдрэмтгий загварчлал, сүлжээний дүн шинжилгээ, АНР арга, Байесын сүлжээ болон гэмтлийн модны арга, эрсдэлийн матриц аргуудыг ашигласан байна.

(V) Тээврийн сүлжээ, коридорын хувилбаруудын харьцуулсан үнэлгээ: Vulevic et al. (2018) Сербийн дунаве коридор дахь удирдлагын нэгжүүдийн хүртээмж, тээврийн дэд бүтцийн тэгш бус байдлыг газарзүйн мэдээллийн систем дээр суурилсан олон шалгалтын шинжилгээний загварыг боловсруулсан. Zhao et al. (2018) Хятадын 27 хотыг сонгон авч, төмөр зам, авто замын сүлжээн дэх зангилаа тус бүрийн ач холбогдлыг цогц сүлжээний онол, TOPSIS загварыг ашиглан үнэлсэн. Banick et al. (2021) Балбын алслагдсан, уулархаг Карнали мужийн хөдөө орон нутгийн зам барих хувилбаруудыг улирлын чанартай үйлчилгээний хүртээмжийг сайжруулахын тулд олон төрлийн зардал-цаг хугацааны загвар ашиглан үнэлсэн. Lovelace (2021) тээвэр төлөвлөлтөд орон зайн шинжилгээ хийхэд шинээр гарч ирж буй нээлттэй эх хэрэглүүрүүдийн талаар судлагдсан байдлын шинжилгээ хийж, 25 хэрэгсэл нь тээврийн төлөвлөлтийг дэмжих зорилгоор орон зайн шинжилгээнд зориулагдсан болохыг тогтоосон. Zhang et al. (2021) ачааны машин, нисгэгчгүй тээврийн систем (Дрон)-ийг ашиглан хүмүүнлэгийн тусламжийн сүлжээг үнэлсэн. Colling et al. (2022) Европын хамгийн том дотоод навигацийн коридор болох Рейн, Дунай мужуудад усан онгоцоор тээвэрлэх платуоны тээврийн үзэл баримтлалын хэрэгжилтийг судалж, Рейн мөрөнд усан платуоныг ашиглах нь Дунай мөрнийхөөс илүү ирээдүйтэй болохыг тогтоожээ. Tian et al. (2024) хотын төмөр замын транзит сүлжээний маршрут сонголт, загварчлалын талаар судлагдсан байдлын шинжилгээ хийж, магадлалын маршрутын сонголтын загварчлал, аяллын цагийн хэлхээнд тулгуурласан маршрутын сонголтын загварчлалыг боловсруулжээ. Ahmed et al. (2025) судлагдсан байдлын шинжилгээнд тулгуурлан хурдны замыг үнэлэх эдийн засаг, байгаль орчин,

нийгэм, зардал, үр ашиг зэрэг хүчин зүйлсийн хүрээнд 30 шалгуур үзүүлэлтүүдийг тодорхойлж, үнэлгээ хийсэн. Moon et al. (2015) TOPSIS техникийг ашиглан БНСУ болон Европыг холбосон зургаан сонгосон тээврийн маршрутад харьцуулсан дүн шинжилгээ хийсэн. Vulevic et al. (2018) Сербийн Дунай коридорын тээврийн хүртээмжийг үнэлэхдээ урт, нягтшил, оршин суугчдын тоо, аяллын хугацаа, дундаж хурд, үйлчилгээний түвшин гэсэн шалгууруудыг ашигласан. Theocharis et al. (2018) сүүлийн 10 жилийн хугацаанд Арктик ба уламжлалт авто болон төмөр замын тээврийн маршрутын харьцуулсан шинжилгээг ном зүйн тоймд тулгуурлан хийж, маршрутын сонголтын шийдвэр гаргах хүчин зүйлсийн үзэл баримтлалын хүрээг боловсруулжээ.

Тээврийн сүлжээ, коридорын хувилбаруудын харьцуулсан үнэлгээ хийхдээ олон шалгалтын шинжилгээний загвар (Vulevic et al., 2018), TOPSIS загвар (Zhao et al., 2018; Moon et al., 2015), зардал-цаг хугацааны загвар (Banick et al., 2021), маршрутын сонголтын загварчлал (Tian et al., 2024), алхам алхмаар жингийн үнэлгээний харьцааны шинжилгээ (SWARA) арга, Аналитик сүлжээний процесс (ANP) аргууд (Ahmed et al., 2025)-ыг ашигласан байна. Судалгааны үр дүнг болон үүсгэсэн загвараа бататгахын тулд нар мэдрэмжийн шинжилгээг (Zhang et al., 2021; Vulevic et al., 2018) ашигласан байна.

Аргазүйн харьцуулсан шинжилгээ: АНУ-ын орон нутгийн тээврийн төлөвлөлтийн байгууллагууд тээвэр төлөвлөлтийн үйл ажиллагааг дэмжихийн тулд газарзүйн мэдээллийн системийн (GIS) программ хангамжийг ашиглаж эхэлснээс хойш 1990-ээд оноос хойш газарзүйн шинжилгээний хэрэгслүүдийг тээврийн төлөвлөлтөд ашиглаж эхэлсэн (Anderson L, 1991).

Гарал үүслийн болон очих газрын загварчлал, маршрутын үнэлгээ, орон зайн сүлжээний шинжилгээ зэрэг газарзүйн аргууд нь ном зохиолд чухал байр суурь эзэлдэг бөгөөд энэ нь тээврийн төлөвлөлтийн олон арга хэмжээний талаар нотлох баримт болдог (Jäppinen et al., 2013; Larsen et al., 2013; Tribby, Zandbergen, 2012).

Энэхүү судалгаанд ашигласан өгүүлүүдэд олон арга аргачлалыг ашиглаж байгаа бөгөөд аналитик математикийн болон эмпирик статистикийн аргуудыг гол төлөв ашигласан нь тогтоогдсон.

Эдгээр аргуудын судалгааны агуулга, зорилгоос хамааран бага зэргийн ялгаатай байна. Тухайлбал тээврийн сүлжээний үр ашгийг үнэлэхэд өгөгдлийн бүрхүүлийн шинжилгээ, гүйцэтгэлийг үнэлэхэд гүйцэтгэлийн гол шалгуур болон хүчин зүйлийн кластерын шинжилгээ, өгөгдлийн бүрхүүлийн шинжилгээний (DEA) арга, байгаль нийгэм эдийн засгийн нөлөөллийг үнэлэхэд олон шалгуурт шийдвэр гаргалтын арга, олон шалгуурын шинжилгээний арга (MCA), асуулга судалгааны арга, эрсдэлийг үнэлэхэд GREREC загвар, олон давхаргат, хөдөлгөөнд мэдрэмтгий загварчлал, сүлжээний дүн шинжилгээ, АНП арга, байесын сүлжээ, гэмтлийн модны арга, эрсдэлийн матриц, сүлжээний харьцуулсан үнэлгээнд хувьд үнэлэхэд олон шалгалтын шинжилгээний загвар, TOPSIS загвар, зардал-цаг хугацааны загвар, маршрутын сонголтын загварчлал, MCA, түүнтэй төстэй аргууд, Аналитик сүлжээний процесс (ANP) аргуудыг гол төлөв ашиглаж байна. Дараах хүснэгт 1-т хянагдсан өгүүлүүдэд ашигласан гол аргуудыг үзүүлэв.

Хүснэгт 1. Тээврийн салбарт түгээмэл хэрэглэгддэг үнэлгээний аргууд, тэдгээрийн давуу болон сул тал

	Арга	Давуу тал	Сул тал	Эх сурвалж
Эмпирик статистик	Хүчин зүйлийн дүн шинжилгээний арга	Илүүдэл мэдээллийг багасгах; үзүүлэлтүүдийн хамаарлыг бууруулах; хүчин зүйлд үзүүлэх нөлөөллийн зэрэглэлийг тооцоолох.	Мэдээллийн үнэн зөв байх шаардлагатай; Мэдээллийн тоо хэмжээ, чанар нь тодорхой шаардлагыг хангаж байх ёстой; Гаргаж авсан үр дүн нь ойлгомжтой биш байж магадгүй.	(Lim et al., 2017)
	Кластерын дүн шинжилгээний арга	Ангиллын тоог урьдчилан тодорхойлохгүйгээр ангиллын оновчтой тоог автоматаар тодорхойлох; тодорхойлсон үр дүнд тулгуурлан нийтлэг болон ялгааг тодорхойлох.	Түүврийн өгөгдлийн анхны утгыг мэдэрдэг; Зайд суурилсан хэмжигдэхүүн, үзүүлэлтүүдийн хоорондын хамаарал болон жинд мэдрэмтгий.	(Wang, Pham, 2020; Talukdar et al., 2023)
	Grey-н корреляцийн шинжилгээ	Мэдээлэл багатай үед ашиглах боломжтой; математик боловсруулалт нь энгийн; бүх төрлийн өгөгдлийг ашиглаж чаддаг; шийдвэр гаргалтад үр дүнтэй ашиглагддаг	Субъектив байдал орж болзошгүй; хамаарлын шалтгааныг илрүүлэхгүй; Цаг хугацааны хамаарлыг тооцдоггүй (анхны хувилбар); Нормчлолд мэдрэг байдал;	(Huang et al., 2018)
Аналитик математик	Үүлэн загвар	Fuzziness ба Randomness-ийг нэгтгэсэн; Мэдлэгийг тоон болон чанарын байдлаар илэрхийлдэг; Олон шалгуурт шийдвэр гаргалтад тохиромжтой	Ойлгоход төвөгтэй, онолын суурь шаарддаг; Тооцооллын нарийн төвөгтэй байдал; Загвар тохируулахад эмзэг; Тодорхой нөхцөлд л бусдаас давуу	(Hu et al., 2022)
	Тодорхой бус элементийн арга	Үзүүлэлтийн хэмжүүрийг харьяалал болгон хувиргах; үл нийцэх асуудлыг үр дүнтэй шийдвэрлэх.	Жинг тодорхойлоход АНР ашиглах нь илүү субъектив шинж чанартай байдаг.	(Lv et al., 2020)
	Энтропийн жин- TOPSIS	Хэрэглэх чадвар өндөр; Ойлгомжтой логиктой; Шалгуурын нэгжээс хамаарахгүй; Шийдвэр гаргалтын хурд өндөр; Олон шалгуурт тохиромжтой	Жин (weight) хэт их нөлөөлдөг; Харьцангуй хамаарлаар үнэлдэг; Төгс ба муу хувилбарын хийсвэр байдал; Чанарын үзүүлэлтэд хязгаарлагдмал	(Huang et al., 2018; Moon et al., 2015)
	AHP	Тодорхой бус байдлыг бүрэн харгалзан чанарын тодорхойлолт ба тоон шинжилгээг хослуулсан нь үнэлгээг илүү өргөн хүрээтэй болгодог.	Жинг тодорхойлох нь маш субъектив юм.	(Xiaoning, Xiudan, 2010)
	Mathematical modelling and optimization method	Тодорхой хязгаарлалтын үед математик загварчлал нь бүх талаараа нөөцийн зохистой хуваарилалтыг баталгаажуулж, тодорхой системийн гүйцэтгэл эсвэл ерөнхий гүйцэтгэлийг дээд зэргээр нэмэгдүүлдэг.	Бодит амьдралыг бүрэн тусгаж чадахгүй, оролтын өгөгдөлд маш мэдрэмтгий, нарийн мэдлэг шаарддаг, хугацаа ба тооцооллын зардал өндөр, хэт оновчлол (overfitting) зэрэг төвөгтэй байдлыг үүсгэдэг.	(Gu, Liu, 2025)
	Simulation	Бодит системийг дуурайлган харуулдаг; Эрсдэлтэй, турших боломжгүй системийг турших боломж; Хугацааны динамик өөрчлөлтийг тусгана; Олон хувилбарт туршилт хийж болно;	Загвар боловсруулахад өндөр нөөц шаарддаг; Хүнд ойлгомжгүй байж болзошгүй; Бодит өгөгдөл шаарддаг; Шинжилгээний үр дүн нь тодорхой бус байж болно	(Gu, Liu, 2025)
	MCDA/ MCA	Энэ нь тоон болон чанарын мэдээлэл цуглуулах замаар хоорондын харилцан хамаарлыг олж авах боломжтой	Субъектив байдал өндөртэй, шалгуурыг харьцуулахад төвөгтэй, математик үндэслэл сул байдаг.	(Gu, Liu, 2025; Pajic et al., 2024; Rúa et al., 2022)

		бөгөөд энэ нь оролцогч талуудад шийдвэр гаргахад тусалдаг.		
	Bayesian method	Энэ нь дутуу өгөгдөлтэй ажиллах, хэт ачааллыг багасгах, үйлдлийг урьдчилан таамаглахад ихээхэн тусалдаг.	Магадлал нь субъектив шинжтэй, тооцоолол их шаарддаг, хэрэглэхэд математик загварын төвөгтэй, өгөгдөл багатай нөхцөлд эмзэг байдаг онцлогтой.	(Gu, Liu, 2025)
	Зардал үр ашгийн шинжилгээ (CBA)	Өрсөлдөхүйц хувилбаруудын дундаас цэвэр ашигт хамгийн өндөр өсөлтийг бий болгох хувилбарыг сонгох боломжийг олгодог	Үр ашиг нь ихэвчлэн биет бус хөрөнгийн тоон үзүүлэлтийг шаарддаг бөгөөд тодорхойгүй байж болох хөнгөлөлтийн хувь хэмжээг тодорхойлохыг шаарддаг.	(Cellini, 2015; Ahmed et al., 2025)
	SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis)	Давуу тал нь хязгаарлагдмал тооны математик үйлдлүүдээр ижил үр дүнд хүрэх боломжийг олгодог; Туршлага багатай хэрэглэгчид ч ойлгоход хялбар алгоритмтай, ашиглахад хугацаа бага зарцуулдаг.	Субъектив үнэлгээнд хэт их хамаардаг, зарим шалгуур хоорондын ялгаа тодорхой бус, шинжлэх ухаанч бус хандлагаар шүүмжлэгддэг, бага мэдээлэл ашигладаг зэрэг төвөгтэй байдлыг үүсгэдэг.	(Pajic et al., 2024; Ghenai et al., 2020; Toygar et al., 2022)
	MARCOS Method	Хамгийн тохиромжтой болон эсрэг шийдэлтэй харьцуулахад хувилбар бүрийн байрлалыг заадаг. Олон тооны хувилбарууд болон шалгууруудыг авч үзэх боломжийг олгодог	Жингийн хэт хамааралтай байдал, субъектив шийдвэр гаргалтад шинэ арга тул нотолгоо, хэрэгжилтийн туршлага бага	(Pajic et al., 2024)
	Мэдээллийн бүрхүүлийн шинжилгээ	Олон оролт гаралттай шийдвэр гаргахад харьцангуй үр ашгийг хэмжих боломжийг олгодог. DEA загваруудыг тодорхой салбарт өргөжүүлж болно.	Гаралт, оролтын тоо хэт их бол үр ашиг хэт өндөр гарч болдог, гадаад орчны нөлөөллийг харгалздаггүй, өгөгдөлд мэдрэмтгий	(Cui, Yu, 2021; Krmac, Kaleibar, 2023)
	Сүлжээний дүн шинжилгээ	Харилцан холбоог ойлгоход тусална; Оновчтой шийдвэр гаргалт; Тархалтын загвар гаргах боломж	Өгөгдлийн хамаарал өндөртэй; Томоохон сүлжээнүүдэд хүндрэлтэй; Тайлбарлах харьцуулахад төвөгтэй;	(Momenitabar et al., 2021)
	Орон зайн дүн шинжилгээ	Орон зайн хамаарлыг илрүүлнэ; Оновчтой шийдвэр гаргалт; Бодит газрын мэдээлэлд тулгуурладаг	Мэдээллийн нарийвчлалаас хамааралтай; Мэргэшсэн мэдлэг шаарддаг; Өгөгдөл боловсруулахад их цаг ордог	(Momenitabar et al., 2021)
	CRITIC арга	Объектив жинлэх арга бөгөөд үндсэн санаа нь үзүүлэлтийн мэдээллийн хэмжээ, үзүүлэлт хоорондын хамаарлын дагуу жинг хуваарилах боломжийг олгодог.	Өгөгдлийн өөрчлөлтийн түвшинг тусгах нарийвчлал багатай	(Liu, Wang, 2023)
	OD загвар	Тээврийн урсгалын оновчтой төлөвлөлт, тээврийн ачаалал ба түгжрэлээс урьдчилан сэргийлэх, тээврийн сүлжээний бүтцийг сайжруулах боломжыг олгодог.	Өгөгдлийн чанар ба үнэн зөв байдал, өгөгдлийн цуглуулалт нь өндөр зардалтай, динамик байдлыг үл харгалздаг, орон нутгийн онцлогт тохирсон загварчлал хэрэгтэй байдаг.	(Theocharis et al., 2018)

Дүгнэлт

Тээврийн сүлжээ, коридорын үнэлгээний талаарх сүүлийн жилүүдэд хийгдсэн 198 өгүүлэлд шинжилгэ хийхэд 2017-2021 оны хооронд загвар, тээврийн коридор, тээврийн сүлжээ, гүйцэтгэл, нөлөө, хиймэл мэдрэлийн сүлжээ, агаарын тээврийн систем, 2021-2023 оны хооронд эрсдэлийн үнэлгээ, байесын сүлжээ, хуваарилалт, төвлөрөл, ангилал, систем, далайн тээвэр, шугаман бүс, тээврийн коридор гэсэн үгс хүчтэй байсан бол 2023 оноос хойш уян хатан байдлын үнэлгээ, чанар гэсэн түлхүүр үгс илүү давтамжтай ашиглагдах болсон байна.

Тээврийн сүлжээ, коридорыг үнэлж буй нийтлэлүүдийг зорилго, сэдэв, цар хүрээ, түлхүүр үг, аргазүй, ижил төстэй байдалд тулгуурлан сэдэвчилсэн ангилал зүйг хийхэд хөрөнгө оруулалт ба үр ашгийн шинжилгээ, гүйцэтгэлийн үнэлгээ, байгаль орчин, нийгэм, эдийн засагт үзүүлэх нөлөөллийн шинжилгээ, уян хатан байдал ба эрсдэлийн шинжилгээ, хувилбаруудын харьцуулсан үнэлгээ гэсэн 5 кластерт хамруулж үзэх боломжтой байна.

Тээврийг хувилбаруудыг үнэлж сонголт хийсэн судалгаануудад үр ашгийн асуудалд илүүтэй төвлөрч байна. Эндээс тээврийн сүлжээ, тэнхлэг коридорыг үнэлэх асуудалд орон зайн оновчтой байршлыг бага харгалзсаныг харуулах бөгөөд нөгөө талаас орон зайн оновчтой байршил, үр ашгийн асуудлыг цогцоор үнэлэх нь илүү давуу талыг бий болгох боломжтой байна.

Тээврийн сүлжээ, коридорыг үр ашиг, гүйцэтгэл, нөлөөлөл, эрсдэл, хувилбарын харьцуулсан үнэлгээнд олон төрлийн аргачлалыг ашиглаж байгаа ба гол төлөв олон шалгуурын дүн шинжилгээ, өгөгдлийн бүрхүүлийн шинжилгээ, цаг хугацаа-зардал-зайн аргыг ашиглаж байна. Гэвч сүүлийн үеийн судалгаануудад эдгээр аргуудыг хослуулан хэрэглэх шаардлагатай байгааг харуулж байна. Ялангуяа тээврийн сүлжээ, коридорын харьцуулсан үнэлгээнд олон шалгуурын дүн шинжилгээний аргыг цаг хугацаа-зардал-зайн аргатай хослуулан ашиглах нь илүү үр дүнтэй, бодит хэрэглээнд нийцсэн сонголтыг хийх боломжийг дараагийн түвшинд хүргэж болох юм.

Талархал

Энэхүү судалгааг хийж гүйцэтгэхэд мэдээллийн сан, судалгааны өрөө танхим, аргачлалаар дэмжлэг үзүүлсэн МУИС-ийн ШУС болон Ахисан түвшиний сургууль, Зайнаас тандан судлал, газарзүйн мэдээллийн системийн судалгааны лабораторийн хамт олонд талархал илэрхийлье.

Ном зүй

1. Авхинсүх, С., А. Амгалан. (2009). *Монгол Улсын нийгэм эдийн засгийн газарзүй*.
2. Алтанбагана, М. (2022). *Монгол Улсын бүсчилсэн хөгжлийн онолын үндэс, нэгдсэн аргазүй, аргачлалыг шинэчлэн боловсруулах*. Газарзүй, геоэкологийн хүрээлэн, Улаанбаатар
3. Abdulsattar, H., Mostafizi, A., Siam, M. R. K., & Wang, H. Z. (2020). Measuring the impacts of connected vehicles on travel time reliability in a work zone environment: an agent-based approach. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 24(5), 421-436. <https://doi.org/10.1080/15472450.2019.1573351>
4. Ahmed, O. S., Al-Gahtani, K. S., & Altuwaim, A. (2025). Cost-Benefit Framework for Selecting a Highway Project Using the SWARA Approach. *Buildings*, 15(3), <https://doi.org/10.3390/buildings15030439>
5. Ahmed, W., Ali, S., Asghar, M., & Ismailov, A. (2023). Assessment and Analysis of the Complexities in Sustainability of the Transport Projects Under CPEC: A Grounded Theory Approach. *Sage Open*, 13(4), <https://doi.org/10.1177/21582440231203477>
6. Alhjouj, A., Bonoli, A., & Zamorano, M. (2022). A Critical Perspective and Inclusive Analysis of Sustainable Road Infrastructure Literature. *Applied Sciences-Basel*, 12(24), <https://doi.org/10.3390/app122412996>
7. Almotahari, A., & Yazici, A. (2020). Impact of topology and congestion on link criticality rankings in transportation networks. *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 87, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102529>
8. Alvarez, N. G., Adenso-Diaz, B., & Calzada-Infante, L. (2021). Maritime Traffic as a Complex Network: a Systematic Review. *Networks & Spatial Economics*, 21(2), 387-417. <https://doi.org/10.1007/s11067-021-09528-7>
9. Ambros, J., Turek, R., Brich, M., & Kubecek, J. (2019). Safety assessment of Czech motorways and national roads. *European Transport Research Review*, 11(1), <https://doi.org/10.1186/s12544-018-0328-2>
10. Anderson L, D. (1991). Applying geographic information systems to transportation planning. *Transportation Research Record* 1305, 113-117.

11. Ansari, S., Basdere, M., Li, X. P., Ouyang, Y. F., & Smilowitz, K. (2018). Advancements in continuous approximation models for logistics and transportation systems: 1996-2016. *Transportation Research Part B-Methodological*, 107, 229-252. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.09.019>
12. Aparicio, J. T., Arsenio, E., & Henriques, R. (2022). Assessing robustness in multimodal transportation systems: a case study in Lisbon. *European Transport Research Review*, 14(1), <https://doi.org/10.1186/s12544-022-00552-3>
13. Argyroudis, S. A., Mitoulis, S. A., Winter, M. G., & Kaynia, A. M. (2019). Fragility of transport assets exposed to multiple hazards: State-of-the-art review toward infrastructural resilience. *Reliability Engineering & System Safety*, 191, <https://doi.org/10.1016/j.res.2019.106567>
14. Arnold J, Ollivier G, and Arvis J. F, "Best practices in corridor management," Trade Logistics Group, World Bank, 2005.
15. Banick, R., Heyns, A. M., & Regmi, S. (2021). Evaluation of rural roads construction alternatives according to seasonal service accessibility improvement using a novel multi-modal cost-time model: A study in Nepal's remote and mountainous Karnali province. *Journal of Transport Geography*, 93, <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103057>
16. Baykasoglu, A., Subulan, K., Tasan, A. S., & Dudakli, N. (2019). A review of fleet planning problems in single and multimodal transportation systems. *Transportmetrica a-Transport Science*, 15(2), 631-697. <https://doi.org/10.1080/23249935.2018.1523249>
17. Bhanot, N., & Singh, H. (2014). Benchmarking the Performance Indicators of Indian Railway Container Business using Data Envelopment Analysis. *Benchmarking An International Journal*, <https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2012-0031>
18. Borchers, T., Wittowsky, D., & Fernandes, R. A. S. (2024). A Comprehensive Survey and Future Directions on Optimising Sustainable Urban Mobility. *Ieee Access*, 12, 63023-63048. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3393470>
19. Cellini, S. (2015). Cost-Effectiveness and Cost-Benefit Analysis. In (pp. 636-672). <https://doi.org/10.1002/9781119171386.ch24>
20. Chang, Z., He, X. Z., Fan, H. W., Guan, W., & He, L. S. (2023). Leverage Bayesian Network and Fault Tree Method on Risk Assessment of LNG Maritime Transport Shipping Routes: Application to the China-Australia Route. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(9), <https://doi.org/10.3390/jmse11091722>
21. Cheng, J., & Chen, Z. (2022). Socioeconomic impact assessments of high-Speed rail: A meta-Analysis. *Transport Reviews*, 42(4), 467-502. <https://doi.org/10.1080/01441647.2021.1979689>
22. Choi, & Young, J. (2007). Northeast Asian Regional Integration: Theoretical Perspectives, Current Realities, and Future Prospects. *The Korean Journal of International Studies*, 47(5), 113-129. <https://www.kjis.org/journal/view.html?doi=>
23. Colling, A., Hekkenberg, R., van Hassel, E., Vidic, M., & Backalov. (2022). A comparison of the application potential of waterborne platooning for the Danube and the Rhine corridors. *European Transport Research Review*, 14(1), <https://doi.org/10.1186/s12544-022-00526-5>
24. Colonna, P., Intini, P., Berloco, N., & Ranieri, V. (2018). Integrated American-European protocol for safety interventions on existing two-lane rural roads. *European Transport Research Review*, 10(1), <https://doi.org/10.1007/s12544-017-0274-4>
25. Cui, Q., & Yu, L. T. (2021). A Review of Data Envelopment Analysis in Airline Efficiency: State of the Art and Prospects. *Journal of Advanced Transportation*, 2021, <https://doi.org/10.1155/2021/2931734>
26. De Rus, G., & Socorro, M. P. (2017). Planning, Evaluation and Financing of Transport Infrastructures: Rethinking the Basics. *Review of Network Economics*, 16(2), 143-160. <https://doi.org/10.1515/rne-2017-0053>
27. Dimitriou, D., & Sartzetaki, M. (2020). Assessment framework to develop and manage regional intermodal transport networks. *Research in Transportation Business and Management*, 35, <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100455>
28. Doomernik, J. E. (2015). Performance and Efficiency of High-speed Rail Systems. *Transportation Research Procedia*, 8, 136-144. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.06.049>
29. Enns, C. (2018). Mobilizing research on Africa's development corridors. *Geoforum*, 88, 105-108. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.11.017>
30. Gandhi, N., Kant, R., & Thakkar, J. (2022). A systematic scientometric review of sustainable rail freight transportation. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(47), 70746-70771. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22811-5>
31. Garcia-Onetti, J., Scherer, M. E. G., Asmus, M. L., Sanabria, J. G., & Barragán, J. M. (2021). Integrating ecosystem services for the socio-ecological management of ports. *Ocean & Coastal Management*, 206, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105583>
32. George, S., & Rangaraj, N. (2008). A performance benchmarking study of Indian Railway zones. *Benchmarking: An International Journal*, 15, 599-617. <https://doi.org/10.1108/14635770810903178>
33. Ghenai, C., Albawab, M., & Bettayeb, M. (2020). Sustainability indicators for renewable energy systems using multi-criteria decision-making model and extended SWARA/ARAS hybrid method. *Renewable Energy*, 146, 580-597. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.157>

34. Giuffrida, N., Le Pira, M., Inturri, G., & Ignaccolo, M. (2019). Mapping with Stakeholders: An Overview of Public Participatory GIS and VGI in Transport Decision-Making. *Isprs International Journal of Geo-Information*, 8(4), <https://doi.org/10.3390/ijgi8040198>
35. Gonçalves, L., & Ribeiro, P. J. G. (2020). Resilience of urban transportation systems. Concept, characteristics, and methods. *Journal of Transport Geography*, 85, <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102727>
36. Gramlich, E. M. (1994). Infrastructure Investment: A Review essay. *Journal of Economic Literature*, 32(3), 1176-1196.
37. Gu, B. M., & Liu, J. G. (2025). A systematic review of resilience in the maritime transport. *International Journal of Logistics-Research and Applications*, 28(3), 257-278. <https://doi.org/10.1080/13675567.2023.2165051>
38. Hertel, B., Pagenkopf, J., & Koenig, J. (2023). Challenges in the (Re-)Connection of Peripheral Areas to the Rail Network from a Rolling Stock Perspective: The Case of Germany. *Vehicles*, 5(3), 1138-1148. <https://doi.org/10.3390/vehicles5030063>
39. Hilmola, O.-P. (2007). European railway freight transportation and adaptation to demand decline: Efficiency and partial productivity analysis from period of 1980-2003. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 56, 205-225. <https://doi.org/10.1108/17410400710731428>
40. Hu, X., Chen, X., Zhao, J., Yu, K., Long, B., & Dai, G. (2022). Comprehensive service quality evaluation of public transit based on extension cloud model. *Archives of Transport*, 61(1), 103-115. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.8198>
41. Huang, W., Shuai, B., Sun, Y., Wang, Y., & Antwi, E. (2018). Using entropy-TOPSIS method to evaluate urban rail transit system operation performance: The China case. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 111, 292-303. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.03.025>
42. Initiative, G. T. (2013). *Integrated Transport Infrastructure & Cross-border Facilitation Study for the Trans-GTR Transport Corridors* [Regional Summary Report].
43. Ivina, D., & Ma, Z. L. (2024). Stability assessment of railway trackwork scheduling in Sweden. *European Transport Research Review*, 16(1), <https://doi.org/10.1186/s12544-024-00643-3>
44. Jäppinen, S., Toivonen, T., & Salonen, M. (2013). Modelling the potential effect of shared bicycles on public transport travel times in Greater Helsinki: An open data approach. *Applied Geography*, 43, 13-24. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.05.010>
45. Jean-Paul Rodrigue, Claude Comtois, Brian Slack. (2013). *The Geography of Transport Systems: Third edition*. Routledge.
46. Jitsuzumi, T., Nakamura, A. (2010). Causes of inefficiency in Japanese railways: application of DEA for managers and policymakers. *Socio-Econ. Plann. Sci.*, 44(3), 161-173. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seps.2009.12.002>
47. Johari, M., Keyvan-Ekbatani, M., Leclercq, L., Ngoduy, D., & Mahmassani, H. S. (2021). Macroscopic network-level traffic models: Bridging fifty years of development toward the next era. *Transportation Research Part C-Emerging Technologies*, 131, <https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103334>
48. Johnson, C. D., Matthews, T., Burke, M., & Jones, D. (2022). Planning for fauna-sensitive road design: A review. *Frontiers in Environmental Science*, 10, <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.959918>
49. Karam, A., Reinau, K. H., & Ostergaard, C. R. (2021). Horizontal collaboration in the freight transport sector: barrier and decision-making frameworks. *European Transport Research Review*, 13(1), <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00512-3>
50. Kos, S., Bakota, M., & Brcic, D. (2018). ANALYSIS OF THE IMPACT OF TRANSPORT CORRIDOR Vc ON THE PORT OF PLOCE. *Promet-Traffic & Transportation*, 30(4), 465-477. <https://doi.org/10.7307/ptt.v30i4.2656>
51. Krmac, E., & Kaleibar, M. M. (2023). A comprehensive review of data envelopment analysis (DEA) methodology in port efficiency evaluation. *Maritime Economics & Logistics*, 25(4), 817-881. <https://doi.org/10.1057/s41278-022-00239-5>
52. Kutlar, A., Kabasakal, A., & Sarikaya, M. (2013). Determination of the efficiency of the world railway companies by method of DEA and comparison of their efficiency by Tobit analysis. *Quality and Quantity*, 47, 3575-3602. <https://doi.org/10.1007/s11135-012-9741-0>
53. Larsen, J., Patterson, Z., & El-Geneidy, A. (2013). Build It. But Where? The Use of Geographic Information Systems in Identifying Locations for New Cycling Infrastructure. *International Journal of Sustainable Transportation*, 7, <https://doi.org/10.1080/15568318.2011.631098>
54. Lasota, M. K., Sokolowski, M., Wojdat, C., & Pierzak, A. (2025). Risk of adverse events in the transportation of oversize cargoes. *Eksplotacja I Niezawodnosc-Maintenance and Reliability*, 27(1), <https://doi.org/10.17531/ein/197383>
55. Leung, A., Burke, M., Cui, J., & Perl, A. (2018). Fuel price changes and their impacts on urban transport – a literature review using bibliometric and content analysis techniques, 1972–2017. *Transport Reviews*, 39, 1-22. <https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1523252>
56. Li Xiao, W. P., Geoffrey Qiping Shen, Xiangyu Wang, Yue Teng,. (2017). Mapping the knowledge domains of Building Information Modeling (BIM): A bibliometric approach. *Automation in Construction*, 84, 195-206. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.09.011>

57. Li, X. M., & Neal, Z. P. (2024). Are larger cities more central in urban networks: A meta-analysis. *Global Networks-a Journal of Transnational Affairs*, 24(2). <https://doi.org/10.1111/glob.12467>
58. Lim, S. W., Suthiwartnarueput, K., Abareshi, A., Lee, P. T. W., & Duval, Y. (2017). Key factors in developing transit trade corridors in Northeast Asia. *Journal of Korea Trade*, 21(3), 191-207. <https://doi.org/10.1108/jkt-05-2017-0046>
59. Liu, H. Q., Chen, N., & Wang, X. H. (2021). Comparing Regional Sustainability and Transportation Sustainability at the Metropolitan Level in the US using Artificial Neural Network Clustering Techniques. *Transportation Research Record*, 2675(9), <https://doi.org/10.1177/03611981211009519>
60. Liu, T., & Wang, H. Y. (2023). Evaluating the Service Capacity of Port-Centric Intermodal Transshipment Hub. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(7), <https://doi.org/10.3390/jmse11071403>
61. Loureiro, A. L. D., Oliveira, R., Migueis, V. L., Costa, A., & Ferreira, M. (2025). Efficiency assessment of taxi operations using data envelopment analysis. *European Transport Research Review*, 17(1), <https://doi.org/10.1186/s12544-025-00708-x>
62. Love, P. E. D., Ika, L. A., Matthews, J., & Fang, W. L. (2022). Curbing Poor-Quality in Large-Scale Transport Infrastructure Projects. *Ieee Transactions on Engineering Management*, 69(6), 3171-3183. <https://doi.org/10.1109/tem.2020.3031890>
63. Lovelace, R. (2021). Open source tools for geographic analysis in transport planning. *Journal of Geographical Systems*, 23(4), 547-578. <https://doi.org/10.1007/s10109-020-00342-2>
64. Lv, H., Guan, X., & Meng, Y. (2020). Comprehensive evaluation of urban flood-bearing risks based on combined compound fuzzy matter-element and entropy weight model. *Natural Hazards*, 103. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04056-y>
65. Makarova, I., Makarov, D., Gubacheva, L., Mukhametdinov, E., Mavrin, G., Barinov, A., Mavrin, V., Gabsalikhova, L., Boyko, A., & Buyvol, P. (2024). Assessment of Environmental Risks during the Implementation of Infrastructure Projects in the Arctic Region. *Infrastructures*, 9(9), <https://doi.org/10.3390/infrastructures9090148>
66. Mallikarjun, S., Lewis, H. F., & Sexton, T. R. (2014). Operational performance of U.S. public rail transit and implications for public policy. *SOCIO-ECONOMIC PLANNING SCIENCES*, 48(1), 74-88. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seps.2013.08.001>
67. Mansourianfar, M. H., & Haghshenas, H. (2018). Micro-scale sustainability assessment of infrastructure projects on urban transportation systems: Case study of Azadi district, Isfahan, Iran. *Cities*, 72, 149-159. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.08.012>
68. Marchetti, D., & Wanke, P. F. (2019). Efficiency in rail transport: Evaluation of the main drivers through meta-analysis with resampling. *Transportation Research Part a-Policy and Practice*, 120, 83-100. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.12.005>
69. Matsa, M. M., Dzawanda, B., Mupepi, O., Shabani, T., & Shabani, T. (2024). The Rand-Great Dyke-Copper Belt-Katanga mineral resources axis: blessing or curse for Southern Africa. *Geojournal*, 89(5), <https://doi.org/10.1007/s10708-024-11206-3>
70. Meyer, T. (2020). Decarbonizing road freight transportation – A bibliometric and network analysis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 89(102619). <https://doi.org/doi:10.1016/j.trd.2020.102619>
71. Milewicz, J., Mokrzan, D., & Szymanski, G. M. (2023). Environmental Impact Evaluation as a Key Element in Ensuring Sustainable Development of Rail Transport. *Sustainability*, 15(18), <https://doi.org/10.3390/su151813754>
72. Mitsuhashi I., S. K., Zhongkui L., Gao H. & Kim. H.S. . (2005). Future Development of Sea Transportation Corridors in Northeast Asia, Eastern Asia Society for Transportation Studies.
73. Momenitabar, M., Bridgelall, R., Ebrahimi, Z. D., & Arani, M. (2021). Literature Review of Socioeconomic and Environmental Impacts of High-Speed Rail in the World. *Sustainability*, 13(21), <https://doi.org/10.3390/su132112231>
74. Monsivais, P., Francis, O., Lovelace, R., Chang, M., Strachan, E., & Burgoine, T. (2018). Data visualisation to support obesity policy: case studies of data tools for planning and transport policy in the UK. *International Journal of Obesity*, 42(12), 1977-1986. <https://doi.org/10.1038/s41366-018-0243-6>
75. Moon, D.-s., Kim, D.-j., & Lee, E.-k. (2015). A Study on Competitiveness of Sea Transport by Comparing International Transport Routes between Korea and EU. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 31(1), 1-20. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2015.03.001>
76. Mumm, O., Murad, M., & Carlow, V. M. (2025). Accessibility Score - Data analytics for the holistic assessment of urban mobility networks and the case of Braunschweig. *Environment and Planning B-Urban Analytics and City Science*, 52(3), 594-613. <https://doi.org/10.1177/23998083241261100>
77. Muzamwese, T. C., Garcia, L. F., & Heldeweg, M. (2024). Industrial clusters as a vehicle for circular economy transition: A case study of networks in four industrial clusters in Zimbabwe. *Journal of Cleaner Production*, 447, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141479>
78. Mwanje, M. D., Kaiwartya, O., Aljaidi, M., Cao, Y., Kumar, S., Jha, D. N., Naser, A., & Lloret, J. (2024). Cyber security analysis of connected vehicles. *Iet Intelligent Transport Systems*, 18(7), 1175-1195. <https://doi.org/10.1049/itr2.12504>

79. Némethy, S. A., Ternell, A., Bornmalm, L., Lagerqvist, B., & Szemethy, L. (2022). Environmental Viability Analysis of Connected European Inland-Marine Waterways and Their Services in View of Climate Change. *Atmosphere*, 13(6), <https://doi.org/10.3390/atmos13060951>
80. O'Flaherty, C. (1997). Acknowledgements. In C. A. O'Flaherty, M. G. H. Bell, P. W. Bonsall, G. R. Leake, A. D. May, C. A. Nash, & C. A. O'Flaherty (Eds.), *Transport Planning and Traffic Engineering* (pp. xvi). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-034066279-3/50002-5>
81. Oum, T. H., Pathomsiri, S., Yoshida, Y. (2013). Limitations of DEA-based approach and alternative methods in the measurement and comparison of social efficiency across firms in different transport modes: an empirical study in Japan. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 57, 16–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tre.2013.01.003>.
82. Pajic, V., Andrejic, M., Jolovic, M., & Kilibarda, M. (2024). Strategic Warehouse Location Selection in Business Logistics: A Novel Approach Using IMF SWARA-MARCOS-A Case Study of a Serbian Logistics Service Provider. *Mathematics*, 12(5), <https://doi.org/10.3390/math12050776>
83. Parkin, J. (2018). *Designing for Cycle Traffic: International principles and practice*. <https://doi.org/10.1680/dfct.63495>
84. Povoroznyuk, O., Vincent, W. F., Schweitzer, P., Laptander, R., Bennett, M., Calmels, F., Sergeev, D., Arp, C., Forbes, B. C., Roy-Léveillé, P., & Walker, D. A. (2023). Arctic roads and railways: social and environmental consequences of transport infrastructure in the circumpolar North. *Arctic Science*, 9(2), 297–330. <https://doi.org/10.1139/as-2021-0033>
85. Regmi, M. B., & Hanaoka, S. (2012). Assessment of intermodal transport corridors: Cases from North-East and Central Asia. *Research in Transportation Business & Management*, 5, 27–37. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2012.11.002>
86. Rúa, E., Comesaña-Cebral, L., Arias, P., & Martínez-Sánchez, J. (2022). A top-down approach for a multi-scale identification of risk areas in infrastructures: particularization in a case study on road safety. *European Transport Research Review*, 14(1), <https://doi.org/10.1186/s12544-022-00563-0>
87. Sahin, S. N. A. (2023). A Systematic Overview of Decision-Making on Public Transport Systems Using Bibliometric Analysis on Vosviewer. *Transport and Telecommunication Journal*, 24(4), 459–470. <https://doi.org/10.2478/ttj-2023-0036>
88. Sakalys, R., Sivilevicius, H., Miliauskaitė, L., & Sakalys, A. (2019). INVESTIGATION AND EVALUATION OF MAIN INDICATORS IMPACTING SYNCHROMODALITY USING ARTIW AND AHP METHODS. *Transport*, 34(3), 300–311. <https://doi.org/10.3846/transport.2019.9718>
89. Schilling, S., Maltezou, H. C., Fusco, F. M., De Iaco, G., Brodt, H. R., Bannister, B., Brouqui, P., Carson, G., Puro, V., Gottschalk, R., Ippolito, G., & Euro, N. S.-G. (2019). Transportation capacity for patients with highly infectious diseases in Europe: a survey in 16 nations. *Clinical Microbiology and Infection*, 21, E1–E5. <https://doi.org/10.1111/1469-0691.12290>
90. Serra, P., & Fancello, G. (2020). Performance assessment of alternative SSS networks by combining KPIs and factor-cluster analysis. *European Transport Research Review*, 12(1), <https://doi.org/10.1186/s12544-020-00449-z>
91. Shi, Y. J., Blainey, S., Sun, C., & Jing, P. (2020). A literature review on accessibility using bibliometric analysis techniques. *Journal of Transport Geography*, 87, <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102810>
92. Siergiejczyk, M., Kasprzyk, Z., Rychlicki, M., & Szmigiel, P. (2022). Analysis and Assessment of Railway CCTV System Operating Reliability. *Energies*, 15(5), <https://doi.org/10.3390/en15051701>
93. Sohounou, P. Y. R., Christidis, P., Christodoulou, A., Neves, L. A. C., & Lo Presti, D. (2020). Using a random road graph model to understand road networks robustness to link failures. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 29, <Go to ISI>://WOS:000560954300006
94. Talukdar, P., Kumar, B., & Kulkarni, V. V. (2023). A review of water quality models and monitoring methods for capabilities of pollutant source identification, classification, and transport simulation. *Reviews in Environmental Science and Bio-Technology*, 22(3), 653–677. <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09658-z>
95. Tawfik, C., & Limbourg, S. (2018). Pricing Problems in Intermodal Freight Transport: Research Overview and Prospects. *Sustainability*, 10(9), <https://doi.org/10.3390/su10093341>
96. Theilig, K., Lourenço, B., Reitberger, R., & Lang, W. R. (2024). Life cycle assessment and multi-criteria decision-making for sustainable building parts: criteria, methods, and application. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 29(11), 1965–1991. <https://doi.org/10.1007/s11367-024-02331-9>
97. Theocharis, D., Pettit, S., Rodrigues, V. S., & Haider, J. (2018). Arctic shipping: A systematic literature review of comparative studies. *Journal of Transport Geography*, 69, 112–128. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.04.010>
98. Tian, Y. H., Zhu, W., & Song, F. Q. (2024). Route choice modelling for an urban rail transit network: past, recent progress and future prospects. *European Transport Research Review*, 16(1), <https://doi.org/10.1186/s12544-024-00677-7>
99. Toygar, A., Yildirim, U., & Inegöl, G. M. (2022). Investigation of empty container shortage based on SWARA-ARAS methods in the COVID-19 era. *European Transport Research Review*, 14(1), <https://doi.org/10.1186/s12544-022-00531-8>

100. Tribby, C. P., & Zandbergen, P. A. (2012). High-resolution spatio-temporal modeling of public transit accessibility. *Applied Geography*, 34, 345-355. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.12.008>
101. Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software Survey: VOSviewer, a Computer Program for Bibliometric Mapping. *Scientometrics*, 84, 523-538. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
102. Van Eldijk, J., Gil, J., & Marcus, L. (2022). Disentangling barrier effects of transport infrastructure: synthesising research for the practice of impact assessment. *European Transport Research Review*, 14(1), <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00517-y>
103. Van Meeteren, M., Poorthuis, A., Derudder, B., & Witlox, F. (2016). Pacifying Babel's Tower: A scientometric analysis of polycentricity in urban research. *Urban Studies*, 53, 1278-1298. <https://doi.org/10.1177/0042098015573455>
104. Vulevic, A., Macura, D., Djordjevic, D., & Castanho, R. A. (2018). Assessing accessibility and transport infrastructure inequities in administrative units in Serbia's Danube corridor based on multi-criteria analysis and gis mapping tools. *Transylvanian Review of Administrative Sciences*(53E), 123-143. <https://doi.org/10.24193/tras.53E.8>
105. Walker, C., Heitor, A., & Clarke, B. (2022). Influence of Weather-Driven Processes on the Performance of UK Transport Infrastructure with Reference to Historic Geostructures. *Applied Sciences-Basel*, 12(15), <https://doi.org/10.3390/app12157461>
106. Wang, J. J., Liao, F. X., Wu, J. J., Xu, Z. Z., & Gao, Z. Y. (2024). Resilience assessment of intercity transport in a two-city system. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 189, <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103654>
107. Wang, S. Y., Abbas, J., Al-Sulati, K. I., & Shah, S. A. R. (2024). The Impact of Economic Corridor and Tourism on Local Community's Quality of Life under One Belt One Road Context. *Evaluation Review*, 48(2), 312-345. <https://doi.org/10.1177/0193841x231182749>
108. Wang, T.-C., & Pham, Y. (2020). An Application of Cluster Analysis Method to Determine Vietnam Airlines' Ground Handling Service Quality Benchmarks. *Journal of Advanced Transportation*, 2020, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2020/4156298>
109. Wang, Y., Zhang, D. X., Liu, Y., Dai, B., & Lee, L. H. (2019). Enhancing transportation systems via deep learning: A survey. *Transportation Research Part C-Emerging Technologies*, 99, 144-163. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.12.004>
110. Wild, G. (2024). Urban Aviation: The Future Aerospace Transportation System for Intercity and Intracity Mobility. *Urban Science*, 8(4), Article 218. <https://doi.org/10.3390/urbansci8040218>
111. Wu, L., Wang, W., Peng, J., Chen, Y., Zhan, F., Shi, Y., & Li, T. (2019). Travel mode choice and their impacts on environment—a literature review based on bibliometric and content analysis, 2000-2018. *Journal of Cleaner Production*, 249, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119391>
112. Xiaoning, Z., & Xiudan, L. (2010). Multi-hierarchy Fuzzy Comprehensive Evaluation for Quality of Station Freight Service Based on AHP. International Conference on Intelligent System Design and Engineering Application
113. Zhang, G. W., Zhu, N., Ma, S. F., & Xia, J. (2021). Humanitarian relief network assessment using collaborative truck-and-drone system. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 152., <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102417>
114. Zhang, R. L., Shi, G. Q., Wang, Y. N., Zhao, S., Ahmad, S. F., Zhang, X. C., & Deng, Q. C. (2018). Social impact assessment of investment activities in the China-Pakistan economic corridor. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 36(4), 331-347. <https://doi.org/10.1080/14615517.2018.1465227>
115. Zhao, L. J., Zhao, Y., Hu, Q. M., Li, H. Y., & Stoeter, J. (2018). Evaluation of consolidation center cargo capacity and loctions for China railway express. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 117, 58-81. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2017.09.007>
116. Zhou, Y. M., Wang, J. W., & Huang, G. Q. (2019). Efficiency and robustness of weighted air transport networks. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 122, 14-26. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.11.008>
117. Zubedi, A., Jianqiu, Z., Ali, Q., Memon, I., & Zubedi, E. (2022). Impact of Energy Consumption, Economic Growth, and FDI through Environmental Kuznets Curve: Perspective from Belt and Road Initiative and Pakistan. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, <https://doi.org/10.1155/2022/3130605>
118. Zuniga-Garcia, N., Ross, H. W., & Machemehl, R. B. (2018). Multimodal Level of Service Methodologies: Evaluation of the Multimodal Performance of Arterial Corridors. *Transportation Research Record*, 2672(15), 142-154. <https://doi.org/10.1177/0361198118776112>