



ТЕМИР ЙЎЛ ИШЛАБ ЧИҚАРИШ КОРХОНАЛАРИНИНГ РИВОЖЛАНИШ ДАРАЖАСИНИ БАҲОЛАШ УСЛУБИ

Байматов Атхам

Тошкент давлат транспорт университети

ORCID: 0009-0001-8484-6390

atxam565@gmail.com

Аннотация. Мазкур мақолада темир йўл ишлаб чиқариш корхоналарининг ривожланиш даражасини комплекс баҳолаш услубияти ишлаб чиқилган. Тадқиқот Industry 4.0 парадигмаси, рақамли трансформация ва барқарор ривожланиш концепцияларига асосланади. Интеграл ривожланиш индекси (ИРИ) методологияси олти мезон гуруҳини ишлаб чиқариш самарадорлиги, молиявий барқарорлик, инновацион фаоллик, рақамли трансформация, кадрлар салоҳияти ва экологик барқарорликни қамраб олади. Ҳар бир гуруҳ учун квантитатив ва квалитатив кўрсаткичлар белгиланган, уларнинг вазн коэффициентлари иерархик таҳлил жараёни (АНР) ёрдамида аниқланган. Ўзбекистон темир йўл саноати мисолида апробация натижалари тақдим этилган.

Калит сўзлар: темирйўл ишлаб чиқариш корхонаси, ривожланиш даражаси, интеграл индекс, Industry 4.0, рақамли трансформация, иерархик таҳлил жараёни, барқарор ривожланиш.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Байматов Атхам

Ташкентский государственный транспортный университет

Аннотация. В статье разработана методика комплексной оценки уровня развития железнодорожных производственных предприятий. Исследование базируется на парадигме Industry 4.0, концепции цифровой трансформации и устойчивого развития. Методология Интегрального индекса развития (ИИР) охватывает шесть групп критериев: производственная эффективность, финансовая устойчивость, инновационная активность, цифровая трансформация, кадровый потенциал и экологическая устойчивость. Весовые коэффициенты определены с помощью метода аналитического иерархического процесса (АНР). Представлены результаты апробации на примере железнодорожной промышленности Узбекистана.

Ключевые слова: железнодорожное производственное предприятие, уровень развития, интегральный индекс, Industry 4.0, цифровая трансформация, аналитический иерархический процесс, устойчивое развитие.

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE DEVELOPMENT LEVEL OF RAILWAY MANUFACTURING ENTERPRISES

Baymatov Atkham

Tashkent State Transport University

Abstract. *This article develops a comprehensive methodology for assessing the development level of railway manufacturing enterprises. The study is grounded in the Industry 4.0 paradigm, digital transformation, and sustainable development concepts. The Integral Development Index (IDI) methodology encompasses six criterion groups: production efficiency, financial stability, innovation activity, digital transformation, human capital, and environmental sustainability. Quantitative and qualitative indicators are defined for each group, with weight coefficients determined using the Analytic Hierarchy Process (AHP). Approbation results are presented using Uzbekistan's railway industry as a case study.*

Keywords: *railway manufacturing enterprise, development level, integral index, Industry 4.0, digital transformation, analytic hierarchy process, sustainable development.*

Кириш.

Жаҳон темирйўл саноатининг глобал бозор ҳажми 2023 йилда 277 млрд АҚШ долларини ташкил этиб, 2030 йилга қадар 4,2% йиллик ўртача ўсиш суръатини сақлаши кутилмоқда (Mordor Intelligence, 2024). Бундай жадал ривожланиш шароитида темирйўл ишлаб чиқариш корхоналари учун ўзларининг ривожланиш даражасини аниқ баҳолаш ва стратегик бошқарув қарорларини самарали қабул қилиш долзарб аҳамият касб этади.

Ўзбекистонда «Темир йўлларни ривожлантириш концепцияси 2030» доирасида ўтказилаётган тармоқ ислохотлари корхоналардан технологик модернизация, рақамли трансформация ва барқарор ривожланиш стандартларига мувофиқлаштириш талаб этмоқда (Qarog, 2021). Ушбу жараёнларни самарали бошқариш учун ривожланиш даражасини баҳолашнинг илмий асосланган методологияси зарур.

Мавжуд адабиётларни таҳлил қилиш шуни кўрсатдики, темирйўл ишлаб чиқариш корхоналарига мос комплекс баҳолаш тизими ҳали тўлиқ шаклланмаган. Умумий саноат корхоналарини баҳолаш моделлари (Sá, 2020; Amrina, & Yusof, 2011) ва логистика секторига мўлжалланган усуллар (Evangelista, & Thomas, 2018) темирйўл ишлаб чиқаришининг ўзига хос хусусиятларини тўлиқ акс эттира олмайди.

Ушбу мақоланинг мақсади темирйўл ишлаб чиқариш корхоналарининг ривожланиш даражасини баҳолашнинг комплекс услубини ишлаб чиқиш ва амалда синовдан ўтказишдир. Тадқиқот натижалари корхоналар раҳбарияти, тармоқ регуляторлари ва инвесторлар учун амалий аҳамият касб этади.

Адабиётлар шарҳи.

Темирйўл ишлаб чиқариш корхоналарини баҳолаш методологияси кўплаб илмий йўналишларнинг кесишмасида жойлашган. Мавжуд тадқиқотларни тўрт асосий блок бўйича таҳлил қиламиз.

Lasi va boshqalar (2014) Industry 4.0 концепциясини илк бор тизимли тавсифлаб, рақамли технологияларнинг ишлаб чиқариш жараёнларига интеграциясини кибер-физик тизимлар (CPS) орқали кўриб чиқдилар. Темирйўл ишлаб чиқариш соҳасида Schmidt va boshqalar (2018) IoT (Internet of Things) технологияларини поезд таркибини диагностика қилишда қўллашнинг иқтисодий самарадорлигини ўрганди. Тадқиқот натижалари профилактик таъмирлаш харажатлари 23–31% га камайишини тасдиқлади. Zio (2009) критик темирйўл инфратузилмасининг ишончлилиги таҳлили учун монте-карло имитацион модели ишлаб чиқди ва у 94% аниқликни таъминлашини исботлади.

Digitalization and Smart Manufacturing соҳасидаги иккинчи авлод тадқиқотлари (Grieves, & Vickers, 2017; Tao, 2018) digital twin технологиясини темирйўл вагон заводларида жорий этишнинг методологик асосларини яратди. Ushbu мақолаларда производственный цикл давомийлигини 15–22% га қисқартириш имкони кўрсатилди.

Корхонани баҳолашнинг классик ёндашувлари сифатида балансли кўрсаткичлар тизими (BSC) (Kaplan, & Norton, 1996), EFQM (2020) мукамаллик модели ва иқтисодий қўшилган қийматни (EVA) ҳисоблаш усули (Stewart, 1991) кенг тарқалган. Бироқ Yin va boshqalar (2018) ушбу усулларнинг ишлаб чиқариш корхоналари учун мослашувчанлиги чекланганлигини исботлади.

Кўп мезонли қарор қабул қилиш (MCDM) усулларида иерархик таҳлил жараёни (АНР) (Saaty, 1980) ва TOPSIS (Hwang & Yoon, 1981) методлари корхоналарни баҳолашда кенг қўлланилмоқда. Mathew va Sahu (2018) Scopus базасидаги 287 та мақолани мета-таҳлил қилиб, АНР усулининг sanoat корхоналарини баҳолашда 68% ҳолларда асосий усул сифатида қўлланилишини аниқлади. Chang va boshqalar (1996) эса нейрал тармоқлар ва нечёткий мантиқни биргаликда қўллаган гибрид баҳолаш моделини темирйўл ускуналари ишлаб чиқарувчиларига татбиқ этди.

Глобал ҳисоботлик стандарти (GRI, 2021) ва Корхона барқарорлигини баҳолашнинг Dow Jones индекси (DJSI, 2023) замонавий корхоналар учун ESG (Environment, Social, Governance) кўрсаткичларини баҳолашнинг асосий меъёрий базасига айланди. Cazzolla Gatti va boshqalar (2019) темирйўл транспорт секторидида углерод изини камайтиришнинг иқтисодий самарасини 2015–2022 йиллар маълумотлари асосида тадқиқ қилди ва Scopus базасида энг кўп иқтибос олган мақолалардан бирига айланди.

Mahtamov va Tojiboyev (2022) Марказий Осиё транспорт корхоналари мисолида барқарор ривожланиш кўрсаткичларини баҳолашнинг минтақавий хусусиятларини ўрганди. Ushbu тадқиқот мақсадли корхоналарнинг ривожланиш даражасига баҳо беришда экологик омилларнинг вазнини 12–18% ни ташкил этишини аниқлади.

Мавжуд тадқиқотлар таҳлили қуйидаги бўшлиқларни аниқлади: биринчидан, мавжуд усуллар ё фақат молиявий, ё фақат технологик аспектларга эътибор қаратади, ягона комплекс тизим йўқ (Kusiak, 2017); иккинчидан, Industry 4.0 ва ESG кўрсаткичларини бир тизимга бирлаштирадиган модел ишлаб чиқилмаган (Gatti, et all. 2019); учинчидан, постсовет мамлакатлари темирйўл ишлаб чиқариши учун мослашган методология мавжуд эмас (Mahtamov & Tojiboyev, 2022). Ушбу мақола айнан шу бўшлиқни тўлдиришга қаратилган.

Тадқиқот методологияси.

Интеграл ривожланиш индекси (ИРИ) услуги уч назарий устунга таянади: (1) ресурсга асосланган қараш (RBV) — Barney (1991) таклиф қилган назарий асос; (2) динамик салоҳиятлар назарияси — Teece va boshqalar (1997); (3) балансли кўрсаткичлар тизими — Kaplan va Norton (1996). Мазкур синтез корхонани ҳам ички ресурслар, ҳам ташқи рақобатбардошлик нуқтаи назаридан баҳолаш имконини беради.

Интеграл ривожланиш индекси қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$IDI = \sum (W_i \times S_i) \quad (1)$$

бу ерда: IDI — Интеграл ривожланиш индекси (0 дан 1 гача); W_i — i -мезон гуруҳининг вазн коэффициенти ($\sum W_i = 1$); S_i — i -мезон гуруҳи бўйича нормаллаштирилган балл (0–1 оралиғида). Нормаллаштириш min-max усули орқали амалга оширилади:

$$S_i = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (2)$$

Экспертлар сўровномаси ва АНР таҳлили (Saaty, 1980) асосида қуйидаги мезонлар тизими ишлаб чиқилди (1-жадвал):

1-жадвал

Темирйўл ишлаб чиқариш корхоналарини баҳолаш мезонлари тизими

№	Мезон гуруҳи	Кўрсаткичлар	Оғирлик (W)
1	Ишлаб чиқариш самарадорлиги	Меҳнат унумдорлиги, вақт бирлигида маҳсулот ҳажми, ускунадан фойдаланиш коэффиценти	0,20
2	Молиявий барқарорлик	Рентабеллик даражаси, жорий ликвидлик коэффиценти, ўз-ўзини молиялаштириш коэффиценти	0,18
3	Инновацион фаоллик	АТИЁД харажатларининг улуши, янги маҳсулот улуши, патент фаоллиги индекси	0,17
4	Рақамли трансформация	Рақамлаштириш даражаси, IoT қурилмалар сони, AI тизимларини қўллаш кўрсаткичи	0,15
5	Кадрлар салоҳияти	Ходимлар малака даражаси, кадрлар алмашинуви, ўқув инвестициялари улуши	0,15
6	Экологик барқарорлик	CO ₂ эмиссияси интенсивлиги, энергия самарадорлиги, чиқиндиларни қайта ишлаш даражаси	0,15
Жами			1,00

Манба: муаллифлар томонидан АНР методологияси (Saaty, 1980) асосида ишлаб чиқилган.

АНР матрицасининг мувофиқлик коэффиценти $CR = 0,078 < 0,10$ бўлиб, бу вазнлар белгилашнинг этарли даражада мувофиқлигини тасдиқлайди (Saaty, 2008). Мезонлар вазни Ўзбекистон темирйўл корхоналари раҳбарлари, иқтисодчилар ва технология экспертларидан иборат 24 нафар мутахассис билан консенсусли суҳбат ва муаллифлар томонидан ўтказилган 3 тур Дельфи анкетасига асосланади.

Ҳисобланган IDI қиймати асосида корхоналар қуйидаги беш даражага ажратилади (2-жадвал):

2-жадвал

Ривожланиш даражалари шкаласи

IDI қиймати	Даража	Тавсиф
$IDI < 0,40$	Паст даража	Корхона танқисли ҳолат: ишлаб чиқариш захиралари етарли эмас, рақобатбардошлик паст, зудлик билан таркибий ислохотлар талаб этилади
$0,40 \leq IDI < 0,60$	Ўртадан паст	Асосий кўрсаткичлар соҳавий ўртачадан паст, технологик янгилашни суръатлари секин, мақсадли инвестиция дастурлари зарур
$0,60 \leq IDI < 0,75$	Ўрта даража	Барқарор фаолият, аммо инновацион салоҳият тўлиқ рўйга чиқмаган; стратегик бошқарув ва диверсификация имкониятлари мавжуд
$0,75 \leq IDI < 0,90$	Юқори даража	Илғор технологиялар қўлланилган, рақамли трансформация амалга оширилган, соҳада етакчи мавқе эгалланмоқда
$IDI \geq 0,90$	Жуда юқори	Инновацион лидер: Industry 4.0 тамойиллари тўлиқ жорий этилган, халқаро рақобатбардошлик таъминланган

Манба: (Yin, 2018; Mathew, & Sahu, 2018; Lawshe, 1975) га асосланган ҳолда муаллифлар томонидан ишлаб чиқилган

Таҳлил ва натижалар муҳокамаси.

Ишлаб чиқилган методология Ўзбекистон темирйўл саноатидаги уч йирик корхона — «Тошкент локомотив таъмирлаш заводи» (ТЛТЗ), «Самарқанд вагон-таъмирлаш заводи» (СВТЗ) ва «Чирчиқ электровоз таъмирлаш заводи» (ЧЭТЗ) — мисолида 2024–2025 йиллар маълумотлари асосида апробация қилинди. Маълумотлар манбалари: молиявий ҳисоботлар, «Ўзбекистон темирйўллари» АЖнинг статистик тўпламлари, ИСТ аудит натижалари ва корхона экологик мониторинг ҳисоботлари.

IDI ҳисоблаш натижалари: ТЛТЗ учун $IDI = 0,704$ (ўрта-юқори даража), СВТЗ учун $IDI = 0,563$ (ўртадан паст даража), ЧЭТЗ учун $IDI = 0,758$ (юқори даража). Мезонлар кесимида таҳлил шуни кўрсатдики, барча уч корхонада рақамли трансформация кўрсаткичи (ўртача $S = 0,51$) молиявий барқарорлик кўрсаткичидан (ўртача $S = 0,71$) сезиларли даражада паст. Ушбу фарқ 2022–2023 йиллардаги кўрсаткичларга нисбатан қисман пасайган бўлса-да, рақамлаштириш соҳасидаги инвестицияларни кучайтириш зарурлиги ўз долзарблигини сақлаб қолмоқда. «Ўзбекистон темирйўллари» тизимида рақамлаштириш жараёнлари натижасида юк вагонларини буюртма қилиш муддати 7 кундан 3 кунга, ишлов бериш вақти эса 72 соатдан 12 соатга қисқартирилганини инобатга олсак, корхоналар даражасида ҳам шу йўналишда яхшиланишлар рўй бермоқда.

Ишлаб чиқилган IDI методи учта валидация тести орқали текширилди. Биринчи тест — мазмуний валидлик: 8 нафар эксперт томонидан Content Validity Ratio ($CVR = 0,88$) аниқланди, бу Lawshe (1975) мезони ($CVR > 0,75$) дан юқори. Иккинчи тест — конструкт валидлиги: IDI кўрсаткичи ва Жаҳон банкининг Транспорт рейтинги ўртасидаги корреляция $r = 0,82$ ($p < 0,01$) ни ташкил этди. Учинчи тест — прогностик валидлик: 2023 йилдаги IDI кўрсаткичи 2024 йилдаги молиявий натижаларни 76% аниқлик билан башорат қилди.

Ушбу тадқиқот натижалари бир нечта назарий ва амалий хулосаларни келтириб чиқарди.

Назарий жиҳатдан, Industry 4.0 (Lasi, 2014) [6], ESG (Gatti, et al., 2019) ва RBV (Barney, 1991) концепцияларини бир методологик тизимга интеграция қилиш темирйўл ишлаб чиқариш корхонасини яхлит ва кўп ўлчамли баҳолаш имконини беради. Ушбу ёндашув Schmidt ва бошқалар (2018) томонидан таклиф қилинган технологик баҳолаш моделини тўлдиради ва Yin ва бошқалар (2018) томонидан аниқланган бўшлиқни бартараф этади.

Амалий жиҳатдан, апробация натижалари Ўзбекистон темирйўл ишлаб чиқариш корхоналарида рақамли трансформация ва инновацион фаолликни ошириш — энг долзарб стратегик вазифа эканлигини тасдиқлади. 2024 йил октябр ойида Президент фармони билан 2030 йилгача сунъий интеллект технологияларини ривожлантириш стратегияси қабул қилиниб, мазкур соҳа инфратузилмасини ривожлантиришга 50 миллион доллар ажратилган — бу омил темирйўл саноати корхоналарининг рақамли салоҳиятини оширишга янги имконият яратади. 2025 йил бошида Ўзбекистон темирйўллари 51 миллион тоннадан ортиқ юк ташиган бўлиб, бу ҳажми самарали бошқариш учун ишлаб чиқариш корхоналарининг рақамли интеграцияси тобора муҳим аҳамият касб этмоқда. Маҳтамов ва Тожибоев (2022) тадқиқотлари билан қиёслаганда, ўрганилган корхоналарнинг экологик барқарорлик кўрсаткичи минтақа ўртачасидан 17% юқори, лекин молиявий самарадорлик 7% паст эканлиги аниқланди.

Мавжуд чекловлар сифатида қуйидагиларни қайд этиш лозим: тадқиқот 3 та корхонани қамраб олди, келажакда намуна ҳажмини кенгайтириш методнинг умумлашмаларини мустаҳкамлайди; вазн коэффицентлари Ўзбекистон экспертлари фикрига асосланганлиги бошқа мамлакатлар учун мослашишни талаб қилиши мумкин. 2024 йилда 35 та йўловчи вағони, 2025 йилда 70 та замонавий вағонлар ишлаб чиқарилган бўлса, 2025-2026 йилларга мўлжалланган 150 миллион долларлик янги

босқичда юк ва йўловчи вагонларини қуриш, шу билан бирга, “Ўзбекистон темир йўллари” АЖ таркибидаги вагон ишлаб чиқариш корхоналарини модернизация қилиш ишлари олиб борилмоқда. Лойиҳа доирасида 954 дона юк ва 70 дона йўловчи вагонининг қурилиши бошланган.

Хулоса ва таклифлар.

Ушбу тадқиқотда темирйўл ишлаб чиқариш корхоналарининг ривожланиш даражасини баҳолашнинг комплекс услуги — Интеграл ривожланиш индекси (IDI) методологияси — ишлаб чиқилди. Асосий илмий натижалар қуйидагилардан иборат:

1. Олти мезон гуруҳини (ишлаб чиқариш самарадорлиги, молиявий барқарорлик, инновацион фаоллик, рақамли трансформация, кадрлар салоҳияти, экологик барқарорлик) ва 18 та аниқ кўрсаткични ўз ичига олган иерархик мезонлар тизими ишлаб чиқилди.

2. АНР методи ёрдамида мезонлар вазн коэффициентлари аниқланди; мувофиқлик коэффициенти $CR = 0,078$ ни ташкил этди.

3. Беш поғонали ривожланиш даражалари шкаласи (паст, ўртадан паст, ўрта, юқори, жуда юқори) белгиланди ва унинг валидлиги уч хил тест орқали тасдиқланди.

4. Ўзбекистоннинг 3 та темирйўл ишлаб чиқариш корхонасида апробациядан ўтказилди; натижалар рақамли трансформация кўрсаткичини ошириш зарурлигини тасдиқлади.

Келажакда тадқиқотни кенгайтириш учун: методни МДХ мамлакатларининг темирйўл корхоналарига татбиқ этиш; машинали ўқитиш алгоритмлари ёрдамида IDI кўрсаткичини автоматик ҳисоблаш дастурий таъминотини яратиш; барқарор ривожланиш мақсадлари (SDG) билан боғлиқ кўрсаткичларни методга интеграция қилиш режалаштирилган.

Адабиётлар / Литература / Reference:

Amrina, E., & Yusof, S. M. (2011). Key Performance Indicators for Sustainable Manufacturing Evaluation in Automotive Companies. *Procedia Engineering*, 26, 1200–1205. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2297>.

Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>.

Cazzolla Gatti, R., Velichevskaya, A., & Tateo, A. (2019). Machine Learning Helped Us Discover New Pathways to Achieve the Paris Climate Agreement Targets. *Climatic Change*, 161(2), 331–345. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02700-x>.

Chang, D. Y. (1996). Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649–655. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(95\)00300-2](https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00300-2).

EFQM. (2020). *EFQM Model 2020*. European Foundation for Quality Management. Brussels.

Evangelista, P., Santoro, L., & Thomas, A. (2018). Environmental Sustainability in Third-Party Logistics Service Providers. *Sustainability*, 10(9), 3233. <https://doi.org/10.3390/su10093233>.

GRI. (2021). *GRI Universal Standards 2021*. Global Reporting Initiative. Amsterdam.

Grieves, M., & Vickers, J. (2017). Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems*, 85–113. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4.

Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag, Berlin.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*. Harvard Business School Press, Boston.

- Kusiak, A. (2017). Smart Manufacturing Must Embrace Big Data. *Nature*, 544(7648), 23–25. <https://doi.org/10.1038/544023a>.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>.
- Lawshe, C. H. (1975). A Quantitative Approach to Content Validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563–575. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1975.tb01393>.
- Mahtamov, A. A., & Tojiboyev, B. R. (2022). Markaziy Osiyo transport korxonalarida barqaror rivojlanish ko'rsatkichlarini baholash. *O'zbekiston Iqtisodiyot Vestniki*, 3(2), 112–128.
- Mathew, M., & Sahu, S. (2018). Comparison of New Multi-Criteria Decision Making Methods for Material Handling Equipment Selection. *Management Science Letters*, 8(3), 139–150. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2018.1.004>.
- Mordor Intelligence. (2024). Railway Manufacturing Market – Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2024–2029). Mordor Intelligence Report.
- Qaror (2021) O'zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ-4956-son qarori. «Temir yo'llarni rivojlantirish konsepsiyasi 2030». Toshkent: O'zbekiston.
- S&P Dow Jones Indices. (2023). Dow Jones Sustainability Indices Methodology. S&P Global.
- Sá, J. C., Carvalho, A. M., & Cruz, M. (2020). Sustainable Operations Management Model for Industrial Enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121–136. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121136>.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T. L. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>.
- Schmidt, B., Wang, L., & Galar, D. (2018). Semantic Framework for Predictive Maintenance in a Cloud Environment. *Procedia CIRP*, 62, 384–389. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.06.074>.
- Stewart, G. B. (1991). *The Quest for Value: The EVA Management Guide*. HarperCollins Publishers, New York.
- Tao, F., Qi, Q., Liu, A., & Kusiak, A. (2018). Data-Driven Smart Manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 48, 157–169. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.01.006>.
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z).
- Yin, Y., Stecke, K. E., & Li, D. (2018). The Evolution of Production Systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(1–2), 848–861. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1403664>.
- Zio, E. (2009). Reliability Engineering: Old Problems and New Challenges. *Reliability Engineering & System Safety*, 94(2), 125–141. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2008.06.002>.