Qabul qilindi: 27-sentabr 2026-yil • Ma’qullandi: 29-sentabr 2026-yil • Nashr qilindi: 5-oktyabr 2026-yil

ТИКУВЧИЛИК КОРХОНАЛАРИДА ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ЖАРАЁНЛАРИНИ МОНИТОРИНГ ҚИЛИШНИНГ ЗАМОНАВИЙ УСУЛЛАРИ ВА СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИНИ ҚЎЛЛАШ ИМКОНИЯТЛАРИ ТАҲЛИЛИ

Абдулхақов Дадахон Саъдулло ўғли

TEXTILE PRO GROUP MCHJ Конструктор технолог

Наманган Давлат Техника Университети Магистранти

Аннотация. Мақолада тикувчилик корхоналарида ишлаб чиқариш жараёнларини мониторинг қилиш усулларининг ривожланиши — қўлда ҳисоб юритишдан штрих-код, RFID, IoT сенсорлари ва машинавий кўриш тизимларигача — тизимли таҳлил қилинган. Сунъий интеллект (СИ) технологиялари тўрт гуруҳга ажратилиб, улар тикувчилик ишлаб чиқаришининг аниқ вазифалари билан боғланди. Олтита мониторинг усули олтита мезон бўйича кўп мезонли эксперт баҳолаш ёрдамида таққосланди. Энг юқори интеграл баҳони СИ интеграциялашган тизимлар (4,15) ва IoT сенсорлари (4,00) олди, лекин уларнинг асосий заиф томони жорий этиш мураккаблиги ва харажатлардир. Ўзбекистон корхоналари учун СИ ни жорий этишдаги тўсиқлар ва уларни бартараф этиш йўллари кўрсатилган.

Калит сўзлар: тикувчилик, ишлаб чиқариш мониторинги, сунъий интеллект, RFID, IoT, машинавий кўриш, кўп мезонли баҳолаш.

КИРИШ

Тикувчилик ишлаб чиқариши юқори меҳнат сиғими, кўп сонли қисқа операциялар ва моделларнинг тез-тез алмашиши билан ажралиб туради [1, 2]. Бундай шароитда ишлаб чиқариш ҳолати ҳақидаги маълумотнинг тўлиқлиги ва тезкорлиги бошқарув сифатини белгилайди. Ўзбекистонда тармоқни ислоҳ қилиш ва экспорт салоҳиятини кенгайтириш бўйича қабул қилинган қарорлар [3] корхоналардан халқаро буюртмачилар талабларига жавоб берадиган шаффоф ва назорат қилинадиган ишлаб чиқаришни талаб қилмоқда.

Индустрия 4.0 [4] ва интеллектуал ишлаб чиқариш концепциялари [5, 6] мониторингни пассив ҳисоб юритишдан маълумотларга асосланган фаол бошқарувга айлантиришни назарда тутади. Бу жараёнда сунъий интеллект усуллари марказий ўрин эгаллайди [7]. Бироқ тикувчилик корхонаси учун мониторинг усулини танлаш бир неча омилга боғлиқ: маълумот тезкорлиги, аниқлик, харажат ва жорий этиш мураккаблиги. Ушбу омилларни бирга ҳисобга олган қиёсий таҳлиллар кам.

Тадқиқот мақсади — тикувчилик корхоналарида қўлланиладиган мониторинг усулларини таҳлил қилиш, СИ технологияларини қўллаш имкониятларини тизимлаштириш ва мавжуд усулларни кўп мезонли баҳолаш асосида таққослаш.

УСУЛЛАР

Тадқиқот уч босқичда олиб борилди. **Биринчи босқичда** Scopus, Web of Science ва Google Scholar базаларида 2010–2025 йилларда нашр этилган манбалар «garment manufacturing», «apparel production monitoring», «RFID», «IoT», «machine vision», «artificial intelligence» калит сўзлари комбинацияси бўйича қидирилди. Тикувчилик ёки унга яқин енгил саноат тармоқларида мониторинг ва бошқарувга бағишланган, усул ва натижалари аниқ баён қилинган ишлар танланди. Бундан ташқари, соҳа бўйича асосий монографиялар [1, 2] ва халқаро стандартлар [8] ҳам ўрганилди.

Иккинчи босқичда танланган манбалар асосида мониторинг усуллари ривожланиш даври, йиғиладиган маълумот тури, маълумот кечикиши ва асосий чекловлари бўйича таснифланди. СИ технологиялари эса ечадиган вазифаси бўйича гуруҳланди.

Учинчи босқичда олтита мониторинг усули олтита мезон бўйича 5 баллик шкалада баҳоланди. Мезонлар: реал вақтда ишлаш, аниқлик, арзонлик, жорий этиш соддалиги, масштаблаш имконияти ва таҳлилий имконият. Баллар адабиёт таҳлили ва муаллифнинг эксперт баҳоси асосида қўйилди. Интеграл баҳо оғирлик коэффициентлари билан ҳисобланди:

$$S_j = \sum w_i \times x_{ij}\,, \quad \sum w_i = 1 \qquad (1)$$

бу ерда x_{ij} — j-усулнинг i-мезон бўйича балли, w_i — мезон оғирлиги. Оғирликлар

мониторинг тизимининг бошқарувдаги ролидан келиб чиқиб қуйидагича олинди: реал вақт — 0,25; аниқлик — 0,20; таҳлилий имконият — 0,20; арзонлик — 0,15; жорий этиш соддалиги ва масштаблаш — 0,10 дан.

НАТИЖАЛАР

Мониторинг усулларининг ривожланиши. Таҳлил тикувчиликда мониторинг усуллари бешта асосий босқичда ривожланганини кўрсатди (1-жадвал). Ҳар бир кейинги босқич маълумот кечикишини камайтирган, бироқ инфратузилмага бўлган талабни оширган.

1-жадвал

Тикувчиликда ишлаб чиқариш мониторинги усулларининг тавсифи

Усул	Йиғиладиган маълумот	Маълумот кечикиши	Асосий чеклов
Қўлда ҳисоб (журнал, купон)	Бажарилган операциялар, смена якуни	Соатлар – 1 кун	Хатолик, кечикиш, сохталаштириш хавфи
Штрих-код	Пачка ҳаракати, оператор иши	Дақиқалар	Ҳар операцияда қўлда сканерлаш
RFID [9]	Пачка ва оператор жойлашуви, вақт	Сонияда	Ёрлиқ ва ўқиш қурилмаси нархи
IoT сенсорлари [10]	Машина ҳолати, иш вақти, чоклар сони	Реал вақт	Маҳсулот ҳақида маълумот бермайди
Машинавий кўриш [11]	Операция, нуқсон, иш ўрни ҳолати	Реал вақт	Ёритиш, ҳисоблаш қуввати, махфийлик

СИ технологияларини қўллаш йўналишлари. Тикувчилик ишлаб чиқаришида СИ технологиялари тўрт гуруҳга ажратилди (1-расм). Машинавий кўриш мато ва чок нуқсонларини аниқлаш [11], операцияларни таниш ва иш ўрни эргономикасини баҳолашда қўлланилади. Жадвал маълумотлари бўйича машинавий ўқитиш унумдорликни ва буюртма муддатини прогнозлашда, вақт қаторлари таҳлили ва аномалияни аниқлаш эса ускуна носозлигини олдиндан айтишда [12, 13] самарали. Оптимизация усуллари ва кучайтирилган ўқитиш оқим линиясини баланслаш ва режалаштириш учун ишлатилади.



1-расм. Тикувчиликда СИ технологиялари ва уларнинг қўлланиш йўналишлари

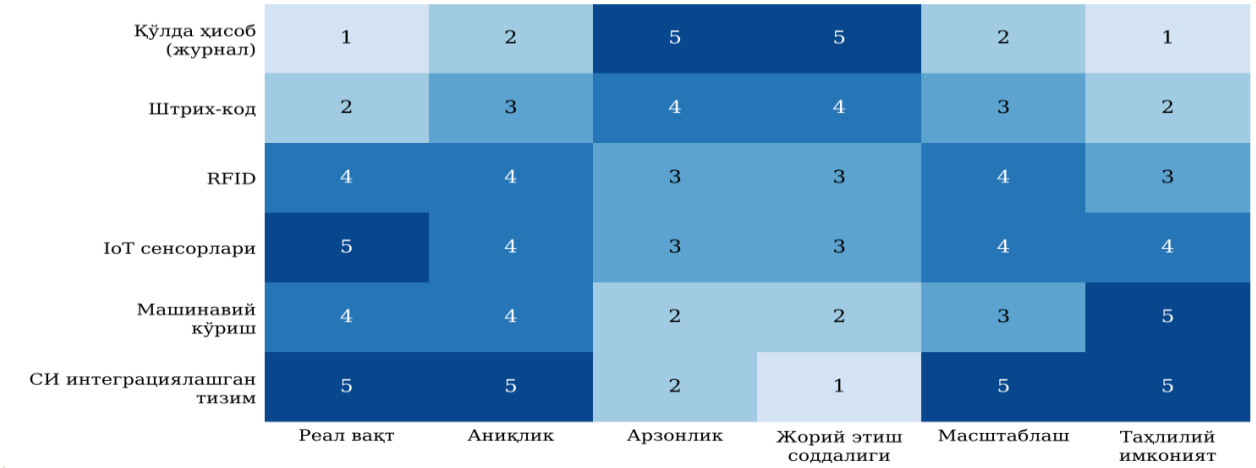
Ушбу йўналишларнинг ҳар бири учун зарур маълумот манбаи ва кутиладиган самара 2-жадвалда умумлаштирилган.

2-жадвал

СИ вазифалари, алгоритмлар ва маълумот манбалари

Вазифа	Типик алгоритмлар	Маълумот манбаи	Кутиладиган самара
Чок ва мато нуқсонини аниқлаш	CNN, YOLO [14]	Камера тасвирлари	Нуқсонни манбада тўхтатиш
Машина ҳолатини аниқлаш	Random Forest, SVM	Ток, тебраниш сенсорлари	Бекор туришнинг шаффофлиги
Унумдорлик прогнози	LSTM [15], градиент бустинг	Пачка ҳисоби, тарихий маълумот	Муддатни аниқ режалаштириш
Носозликни олдиндан айтиш	Аномалия детекторлари	Сенсорлар вақт қаторлари	Тўсатдан тўхташни камайтириш
Линияни баланслаш	Эвристика, генетик алгоритм	SMV, оператор самарадорлиги	Ўтказиш қобилиятини ошириш

Кўп мезонли баҳолаш. Олтита усулнинг мезонлар бўйича баллари 2-расмда иссиқлик харитаси кўринишида, интеграл баҳолари эса 3-жадвалда келтирилган.



2-расм. Мониторинг усулларининг мезонлар бўйича баҳоланиши (5 баллик шкала, эксперт баҳо)

МУҲОКАМА

Баҳолаш натижалари мониторинг усуллари орасида «универсал энг яхши» усул йўқлигини кўрсатди. Қўлда ҳисоб ва штрих-код арзонлиги ва соддалиги билан ажралиб туради, лекин реал вақт ва таҳлилий имконият бўйича энг паст баҳоланди. СИ интеграциялашган тизим интеграл баҳо бўйича биринчи бўлди, бироқ жорий этиш соддалиги бўйича энг паст балл олди. Бу кўп корхоналарда СИ лойиҳаларининг пилот босқичидан нарига ўтмаслигини изоҳлайди.

IoT сенсорлари ва СИ тизими орасидаги фарқ кичик (4,00 ва 4,15). Бу амалий хулосага олиб келади: СИ ни жорий этишни арзон IoT сенсорларидан бошлаш ва уларнинг маълумотлари асосида босқичма-босқич таҳлилий модулларни қўшиш мақсадга мувофиқ. Машинавий кўриш эса юқори таҳлилий имкониятга эга бўлгани учун биринчи навбатда нуқсон улуши юқори бўлган ва сифат талаби қатъий операцияларда қўлланилиши лозим. Шуни таъкидлаш керакки, интеграл баҳо оғирликларга сезгир: арзонлик оғирлиги оширилса, RFID ва штрих-код рейтинги кўтарилади. Шу сабабли корхона оғирликларни ўзининг устувор вазифаларига мос белгилаши керак.

Ўзбекистон корхоналари учун асосий тўсиқлар ва уларни бартараф этиш йўллари 4-жадвалда келтирилган.

4-жадвал

СИ технологияларини жорий этишдаги тўсиқлар ва ечимлар

Тўсиқ	Намоён бўлиши	Таклиф этилаётган ечим
Маълумот етишмаслиги	Тарихий маълумот қоғозда ёки умуман йўқ	IoT сенсорлари билан маълумот йиғишни олдиндан бошлаш
Харажатлар	Камера, сервер ва дастурий таъминот нархи	Босқичма-босқич жорий этиш, очиқ кодли воситалар
Кадрлар	Маълумотлар таҳлили бўйича мутахассис танқислиги	ОТМ билан ҳамкорлик, ходимларни қайта тайёрлаш
Машина паркининг хилма-хиллиги	Турли ишлаб чиқарувчи ва ёшдаги ускуналар	Конструкцияга аралашмайдиган ташқи сенсорлар
Ходимлар муносабати	Кузатувга нисбатан хавотир	Маълумотдан фойдаланиш қоидаларини ошкора белгилаш

Тадқиқотнинг чекловлари сифатида эксперт баҳоларининг субъективлигини ва баҳолашда битта эксперт қатнашганини кўрсатиш мумкин. Кейинги тадқиқотларда корхона мутахассислари иштирокида гуруҳли эксперт баҳолаш (масалан, иерархияларни таҳлил қилиш усули) ўтказиш режалаштирилган.

ХУЛОСА

Тикувчилик корхоналарида ишлаб чиқариш мониторинги қўлда ҳисоб юритишдан реал вақтли, маълумотларга асосланган тизимлар томон ривожланмоқда. СИ технологиялари тўрт асосий йўналишда — машинавий кўриш, жадвал маълумотлари бўйича машинавий ўқитиш, вақт қаторлари таҳлили ва оптимизация — тикувчиликнинг аниқ вазифаларини ҳал этиш имконини беради. Кўп мезонли баҳолаш СИ интеграциялашган тизимлар ва IoT сенсорларининг устунлигини кўрсатди, бироқ уларни жорий этишнинг мураккаблиги ва харажатлари асосий тўсиқ бўлиб қолмоқда. Шу сабабли маҳаллий корхоналар учун IoT сенсорларидан бошланадиган ва СИ модулларини босқичма-босқич қўшадиган ёндашув энг мақбул ҳисобланади.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Nayak R., Padhye R. (eds.) Automation in Garment Manufacturing. – Duxford: Woodhead Publishing, 2018.

2. Jana P., Tiwari M. Lean Tools in Apparel Manufacturing. – Duxford: Woodhead Publishing, 2021.

3. Ўзбекистон Республикаси Президентининг «Тўқимачилик ва тикув-трикотаж саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг экспорт салоҳиятини кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-4186-сон Қарори. 12.02.2019.

4. Lasi H., Fettke P., Kemper H.-G., Feld T., Hoffmann M. Industry 4.0 // Business & Information Systems Engineering. – 2014. – Vol. 6, No. 4. – P. 239–242.

5. Zhong R. Y., Xu X., Klotz E., Newman S. T. Intelligent manufacturing in the context of Industry 4.0: A review // Engineering. – 2017. – Vol. 3, No. 5. – P. 616–630.

6. Kusiak A. Smart manufacturing // International Journal of Production Research. – 2018. – Vol. 56, No. 1–2. – P. 508–517.

7. Wang J., Ma Y., Zhang L., Gao R. X., Wu D. Deep learning for smart manufacturing: Methods and applications // Journal of Manufacturing Systems. – 2018. – Vol. 48. – P. 144–156.

8. ISO 22400-2:2014. Automation systems and integration — Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management — Part 2. – Geneva: ISO, 2014.

9. Lee C. K. H., Choy K. L., Ho G. T. S., Law K. M. Y. A RFID-based resource allocation system for garment manufacturing // Expert Systems with Applications. – 2013. – Vol. 40, No. 2. – P. 784–799.

10. Mourtzis D., Vlachou E., Milas N. Industrial Big Data as a result of IoT adoption in manufacturing // Procedia CIRP. – 2016. – Vol. 55. – P. 290–295.

11. Ngan H. Y. T., Pang G. K. H., Yung N. H. C. Automated fabric defect detection — A review // Image and Vision Computing. – 2011. – Vol. 29, No. 7. – P. 442–458.

12. Tao F., Qi Q., Liu A., Kusiak A. Data-driven smart manufacturing // Journal of Manufacturing Systems. – 2018. – Vol. 48. – P. 157–169.

13. Babiceanu R. F., Seker R. Big Data and virtualization for manufacturing cyber-

physical systems: A survey of the current status and future outlook // Computers in Industry. – 2016. – Vol. 81. – P. 128–137.

14. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You only look once: Unified, real-time object detection // Proc. IEEE CVPR. – 2016. – P. 779–788.

15. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory // Neural Computation. – 1997. – Vol. 9, No. 8. – P. 1735–1780.

