

ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ МОДУЛЕМ ЗА ДАНИМИ ПОТОЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТА ЕКСПРЕС-ДІАГНОСТИКИ

***Анотація.** У статті представлено концепцію та методику формування економічно ефективною стратегією керування технологічним модулем на основі поєднання принципів адаптивності та оптимальності. Розглянуто теоретичні та практичні аспекти її реалізації. Наведено результати імітаційного моделювання процесу визначення поточних стратегій при відпрацюванні виробничої ситуації.*

***Ключові слова:** стратегія керування, прогнозування, інтелектуальний виробничий модуль, адаптивне управління, оптимізація.*

***Аннотация.** В статье представлены концепция и методика формирования экономически эффективной стратегии управления технологическим модулем на основе соединения принципов адаптивности и оптимальности. Рассмотрены теоретические и практические аспекты её реализации. Приведены результаты имитационного моделирования процесса определения текущих стратегий при отработке производственной ситуации.*

***Ключевые слова:** стратегия управления, прогнозирование, интеллектуальный производственный модуль, адаптивное управление, оптимизация.*

***Abstract.** The article introduces the concept and methodology of formation of the cost-effective control strategy of process module on the base of combining of adaptability and optimality principles. The theoretical and practical aspects of its implementation are considered. The results of simulation modeling process of determining of the current strategies under the re-creation of manufacturing situation are represented.*

***Keywords:** control strategy, forecasting, intelligent production module, adaptive control, optimization.*

1. Вступ

Однією з перспективних задач штучного інтелекту є задача формування та/або вибору стратегій поведінки робототехнічних модулів у залежності від поточної ситуації. Суттєві напрацювання наукових методів з різних причин не завжди знаходять ефективну реалізацію на практиці [1, 2]. Тому їхня інтерпретація та інтеграція в межах нових наукових концепцій інтелектуального управління та вибору поведінкової стратегії є актуальною задачею.

Метою даного дослідження була розробка методики використання методів вироблення стратегії при управлінні інтелектуальними модулями. Дослідження орієнтоване на впровадження в системах управління технологічних установок з процесорним управлінням (зокрема, електронно-променевих, зварювальних, лазерних, плазмових) для задачі вибору оптимального режиму їхньої роботи при прийнятті управлінських рішень в умовах використання неповної та неточної інформації, яка утворює ситуацію невизначеності.

Для перелічених типів технологічних установок типовим є досить високий ступінь універсальності, який дозволяє підтримувати кілька технологічних процесів та переходити від одного процесу до іншого з мінімальними затратами ресурсів. Інша характерна риса даного обладнання – можлива достатньо помітна зміна визначальних технологічних параметрів за час виконання однієї або кількох однотипних операцій. Зазначена властивість створює передумови до варіації показників якості виконання технологічних операцій як у партії деталей, так і на різних ділянках обробки окремих деталей. Так, типовим явищем є зміна стану лампи накачки та оптичного тракту лазерних технологічних комплексів, флуктуації рівня випромінювання електронної гармати в електронно-променевої обробці та ін.

Внаслідок цього зростають частка бракованих деталей та час непродуктивного використання обладнання від моменту виходу його параметрів за межі допустимих значень до моменту виявлення такого стану. Варто зазначити, що в багатьох випадках можливим є продовження вже розпочатих циклів обробки на інших режимах функціонування обладнання, які можуть бути менш вигідними, але допустимими в конкретній технологічній ситуації. Проте забезпечення такого переходу без зупинки процесу обробки і ручного коригування його параметрів є досить складним. Однак властива сучасним технологічним модулям гнучкість містить потенціал суттєвого підвищення їхньої ефективності за рахунок своєчасного припинення непродуктивних дій та переорієнтації у межах визначеної виробничої програми на виконання оброблювальних операцій того типу, для якого з прийнятною ймовірністю можуть бути забезпечені необхідні технологічні умови на період здійснення завершені операції (операцій). Виявлення зазначеного потенціалу можливе завдяки впровадженню моніторингу виробничої системи та інтелектуалізації алгоритмів системи управління для забезпечення, відповідно до поточного стану, модифікації стратегії її використання.

2. Постановка задачі

Прийняті в роботі узагальнення дозволили розглядати інтелектуальний модуль як пристрій, алгоритми якого дозволяють проводити адаптацію його поведінки до умов виробничої ситуації. Функціональним середовищем інтелектуального модуля вважалася виробнича система зі змінними у часі показниками якості.

У рамках роботи проводилися оцінка та удосконалення існуючих методів формування стратегій, які є перспективними для забезпечення ефективного функціонування інтелектуального виробничого модуля й забезпечували б адаптивність стратегій управління. Оскільки дослідження орієнтоване на впровадження у виробничих системах, то при формуванні алгоритмів прийняття рішень враховувалися притаманний даній проблемній області понятійний апарат та критеріальні оцінки, нормалізовані в економічному базисі. Ефективність отриманих алгоритмів досліджувалася на моделях виробничих систем з варіацією властивостей, які відображають динамічні характеристики руху системи та параметри її навантаженості.

Модель виробничої ситуації відображала довільний інтервал виробничого циклу інтелектуального модуля, протягом якого він мав забезпечити виготовлення максимальної кількості виробів певного виду. Припускалося, що виріб може бути виготовлений в одному з можливих технологічних режимів модуля, кожен з яких характеризується тривалістю виробничих операцій та інтенсивністю зниження його ресурсних параметрів. Для кожного з режимів встановлювалася нижня межа необхідних ресурсних можливостей модуля. Виробничий цикл, крім продуктивних періодів, передбачав періоди відновлення, призначені для технічного обслуговування та профілактики з метою підвищення параметрів ресурсу. Інтелектуальний модуль мав діяти на основі деякої стратегії, яка б забезпечувала максимізацію його економічної ефективності при наявності прогнозу зміни ресурсного забезпечення. В процесі функціонування модуля мала відбуватися корекція виробленої стратегії відповідно до результатів моніторингу реального стану виробничої системи та оцінки відхилення від прогнозу.

3. Використані моделі та методи

У контексті завдань дослідження вирішувалося питання розробки модельного представлення виробничого середовища та інтелектуального модуля з прийнятними показниками адекватності та конструктивності. Враховуючи потенційну складність, багатокомпонентність та багатофакторність виробничих систем, наявність складної системи взаємозв'язків

та взаємодії, виникає необхідність при формуванні опису виробничої системи застосовувати методи з інтегративними властивостями. Такими ознаками володіють модельні представлення на основі понятійного апарату теорії надійності. При виборі даного типу моделі бралася до уваги та обставина, що показники надійності відображають зміну якості системи у часі і, таким чином, мають прогностичну цінність. Також враховувалася наявність добре розроблених методів теоретичної та експериментальної оцінки і прогнозування показників надійності, а також способів та засобів досягнення потрібного рівня надійності для забезпечення необхідного рівня якості і ефективності застосування в очікуваних умовах експлуатації протягом усього життєвого циклу системи [3–6].

Прогноз стану інтелектуального модуля може бути сформовано за допомогою статистичних та експертних даних, отриманих шляхом аналізу тенденції зміни надійності обладнання за результатами моніторингу виробничої системи, експрес-діагностики технологічного процесу, а також з нормативної та експлуатаційної документації. Існуючі наукові та інженерні рішення надають можливість організувати спостереження за необхідною номенклатурою параметрів і забезпечити інтерпретацію моніторингових даних відповідно до потреб конкретного процесу управління [7]. Зокрема, для високоенергетичних процесів перспективним каналом отримання комплексної діагностичної інформації є відеомоніторинг зони обробки за допомогою системи технічного зору [8, 9]. За отриманими відеоданими можливо організувати ефективну експрес-діагностику технологічного процесу та виробничого обладнання [10]. Узагальнена модель виробничої системи може бути отримана у формі функціональної залежності, сформульованої у вигляді часової або ймовірнісної оцінки надійності системи відповідно до номенклатури показників надійності та методик їхнього розрахунку. Визначення конкретних параметрів математичної моделі у межах даного дослідження не розглядалося. У зв'язку з цим для з'ясування базових та принципових аспектів формування поведінкових стратегій інтелектуального модуля використовувалася модель надійності виробничої системи у вигляді експоненціальної залежності. При зниженні показника надійності повинні вживатися заходи щодо повернення його до прийняттого рівня за рахунок процедур відновлення (технологічна зупинка, ремонт та ін.), які можуть бути змодельовані лінійною залежністю (рис. 1).

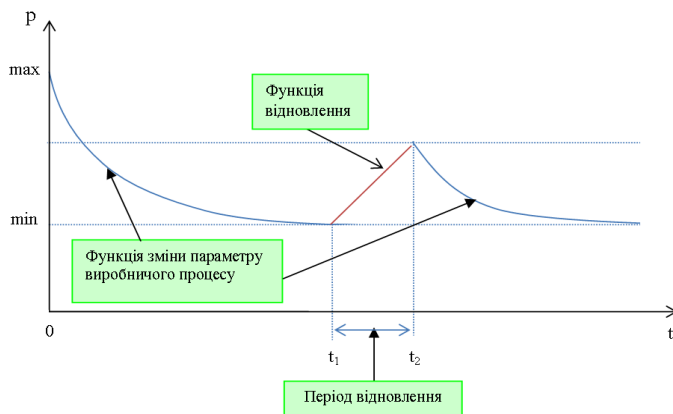


Рис. 1. Модель працездатності обладнання

бути змодельовані лінійною залежністю (рис. 1).

Для вибору оптимальної стратегії функціонування інтелектуального модуля використовувався математичний апарат теорії ігор, який розглядався в контексті понять з теорії економічного управління, а саме критеріїв, які базуються на показниках економічної ефективності виробничого процесу. На основі цих показників здійснювався вибір конкретної стратегії шляхом співставлення критеріальних оцінок, отриманих

при застосуванні кожного з наступних критеріїв відбору [11, 12]:

- критерію песимізму (Уолда) – дозволяє вибрати кращий з найгірших варіантів:

$$\max_{i=1,n} \left(\min_{j=1,m} R_{ij} \right), \quad (1)$$

забезпечуючи, таким чином, вибір обережної стратегії;

- критерію надзвичайного оптимізму, який дозволяє вибрати найкращий з можливих результатів:

$$\max_{i=1,n} \left(\max_{j=1,m} R_{ij} \right); \quad (2)$$

– критерію коефіцієнта оптимізму (Гурвіца), який дозволяє прийти до певного компромісу між оптимістичними та песимістичними стратегіями і при вірогідності оптимізму α ($0 < \alpha < 1$) виглядає таким чином:

$$\max_{i=1,n} \left[\alpha \max_{j=1,m} R_{ij} + (1 - \alpha) \min_{j=1,m} R_{ij} \right]; \quad (3)$$

– критерію сприятливого в середньому рішення (Лапласа), який враховує вірогідність появи кожного з n можливих станів системи:

$$\max_{j=1,m} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{ij} \cdot P_j \right); \quad (4)$$

– критерію жалкування (Севіджа), який мінімізує потенційну помилку від прийняття невірної рішення:

$$\min_{i=1,n} \left(\max_{j=1,m} b_{ij} \right), \quad (5)$$

де $b_{ij} = R_{ij} - (\min R_{ij})$.

Застосування критеріїв відбору має варіюватися, оскільки використання одного з критеріїв самостійно не може гарантувати оптимального результату в різних ситуаціях. За аналогією з ігровою ситуацією (коли шахіст програє партію, йому вже не треба бути «песимістом», а варто переходити до «оптимістичних» дій, бо програш партії є програшем, хоча б і мінімізованим) оцінювалися виробничі сценарії. Припустимо ситуацію, коли інтелектуальний модуль має завершити виготовлення певної деталі з використанням одного з декількох можливих режимів роботи. Від режиму роботи залежить інтенсивність зносу (імовірності відмови) модуля. Припустимо, що використовували критерій песимізму і за цим критерієм отримано негативний прогноз щодо можливості завершення поточних операцій внаслідок прогнозованого зниження ресурсу обладнання. В такій ситуації зміна критерію на критерій надзвичайного оптимізму може забезпечити задовільний прогноз, згідно з яким можна піти на певний ризик і спробувати виконати необхідні операції в найінтенсивнішому (або у найощадливішому) режимі. Ризикувати чи ні – залежить від адекватної оцінки втрат, можливих вигравів та можливих ризиків. Інколи, судячи з можливих втрат, вигідніше ініціювати технологічну перерву з відновленням ресурсних показників обладнання. Це, по суті, є одним із елементів виробленої стратегії.

Для вирахування оцінки усіх наявних ресурсів, ризиків, втрат та інших компонентів їм має бути надана певна ціна в єдиній грошовій системі, яка, таким чином, і надає можливість порівняльного аналізу різнорідних елементів. У даному дослідженні було використано спрощену економічну модель функціонування інтелектуального модуля для порівняння можливих стратегій вирішення виробничих задач за допомогою різних теорій та методологій.

4. Експериментальне дослідження та інтерпретація результатів

Запропонована методика формування стратегій поведінки інтелектуального модуля на основі прогнозування була досліджена з використанням економічних та оптимізаційних методів в контексті управління виробничою системою. Розглядалася тестова ситуація, пов'язана з використанням оброблювального технологічного модуля, який складається з випромінювача та системи позиціонування. Модуль може підтримувати виконання певної

бір поточних критеріїв здійснювався лише за економічною оцінкою, проте для забезпечення роботи у реальному масштабі часу ресурсні витрати на їхнє підтримання також є значимими. Сценарії функціонування інтелектуального виробничого модуля, отримані у кількох реалізаціях імітаційного експерименту в дослідному середовищі, представлені на рис. 5. На даних діаграмах тоном стовпчика відображено обраний тип стратегії, а його висотою – режим навантаженості обладнання при її відпрацюванні. Результати, отримані при опрацюванні кількох зі створених при моделюванні технологічних випадків (рис. 6), демонструють різноманіття можливих ситуацій вибору. Зазначимо, що у використаній версії дослідного середовища за умови рівності отриманих оцінок критеріїв обирався за порядком у списку.

ORIGIN := 1

$$f(x) := 2000x_1 + 4000x_2 + 6000x_3$$

$$x_1 := 0$$

$$x_2 := 0$$

$$x_3 :=$$

Given

$$0.03x_1 + 0.05x_2 + 0.07x_3 \leq 1$$

$$0.03x_1 + 0.05x_2 + 0.07x_3 \leq 1$$

$$6x_1 + 4x_2 + 2x_3 \leq 160$$

$$x_3 \geq 0$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

p := Maximize(f, x)

$$p = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 14.286 \end{pmatrix}$$

$$f(p) = 8.571 \times 10^4$$

Рис. 3. Визначення оптимального режиму

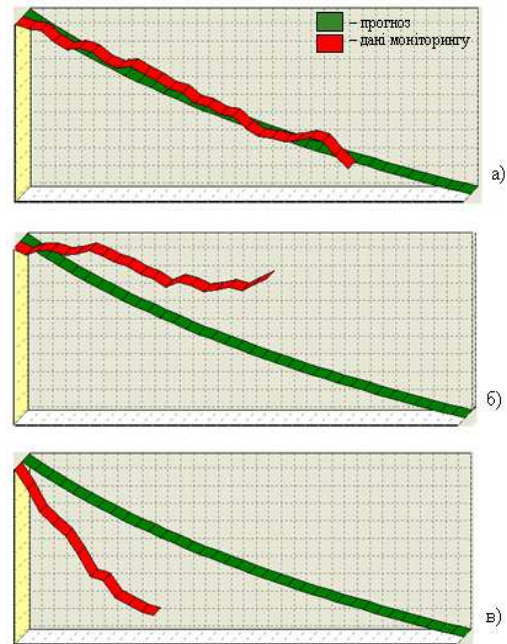


Рис. 4. Графік прогнозу стану виробничого модуля та моніторинговий тренд:
а) оптимальний прогноз;
б) песимістичний прогноз;
в) оптимістичний прогноз

Таблиця 1. Оцінка ефективності критеріїв

Ситуація вибору	Критерій	Економічна ефективність	Режим навантаженості обладнання	Часові витрати на визначення оцінки, μс	Рейтингова позиція
1	песимізму (Уолда)	1043000	1	0,626987460250795	4
	надзвичайн. оптимізму	33929000	2	1,57196856062879	1
	Лапласа	24063200	2	1,32597348053039	2
	жалкування (Севіджа)	24063200	2	2,90094198116038	3
2	песимізму (Уолда)	1043000	1	0,614987700245995	3
	Лапласа	20865320	3	0,950980980380392	1
	жалкування (Севіджа)	20865320	3	3,05993880122398	2
3	песимізму (Уолда)	-91000	1	0,617987640247195	2
	надзвичайн. оптимізму	-91000	1	1,01397972040559	3
	жалкування (Севіджа)	0	1	2,18995620087598	1

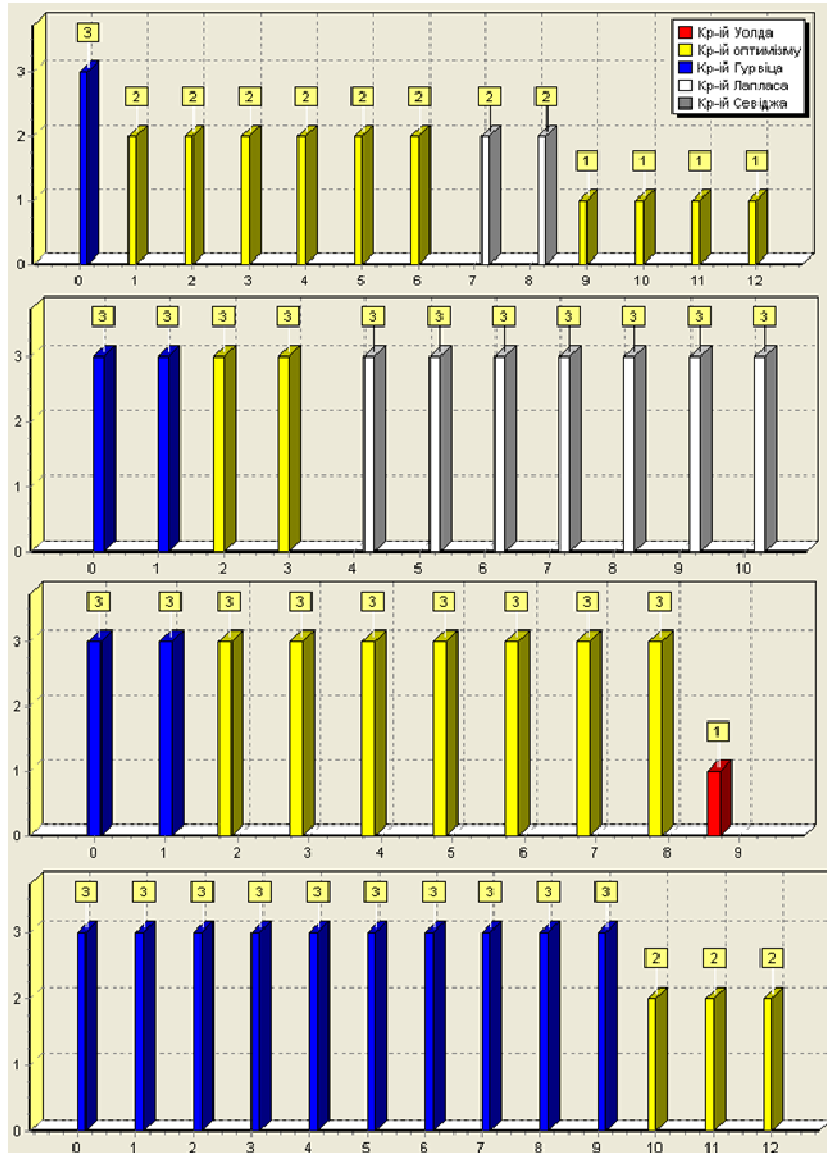


Рис. 5. Діаграми вибору критеріїв функціонування

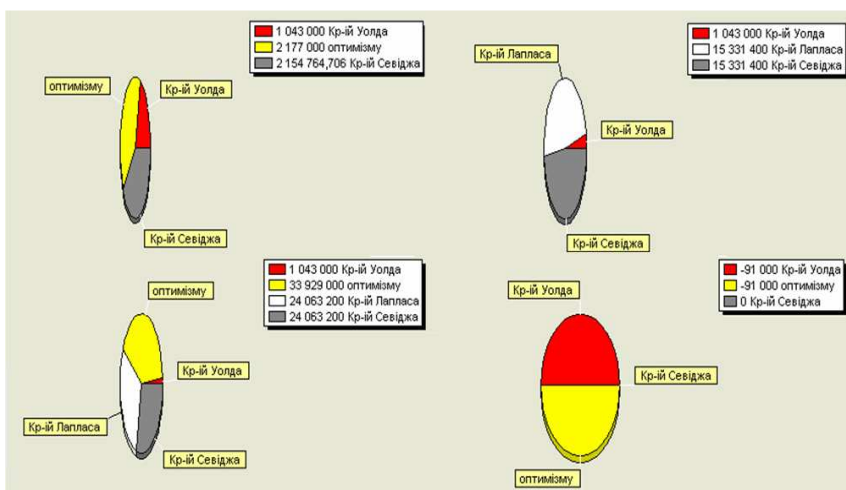


Рис. 6. Приклади рейтингу критеріїв у ситуаціях вибору стратегії

Для з'ясування об'єктивності результатів роботи експериментального інструментарію проведено дослідження за методом Монте-Карло. Було виконано 100 випробувань для двох способів функціонування виробничої системи. Перший з них передбачав можливість вибору одного з трьох режимів роботи інтелектуального модуля в залежності від ситуації, в той час як другий використовував тільки один з режимів, який був визначений у попередньому дослідженні як оптимальний. Перший спосіб роботи виявився ефективнішим за кількістю вироблених деталей на 3,16% (1667 деталей проти 1616). Якщо ж рахувати кількість експериментів, в яких переміг перший спосіб, то вона становить 51% на противагу 40% другого способу, 9% становить нічия. Також варто зазначити, що для серії з 80 випробувань ефективність першого способу за зростанням кількості вироблених деталей становила 7,45%.

Таким чином, використання даних моніторингу та експрес-діагностики технологічного процесу у процесі вироблення стратегії функціонування виробничої системи дає підстави очікувати суттєвого зростання ефективності виробництва.

5. Висновки

У результаті проведених досліджень було запропоновано метод вироблення стратегії інтелектуального модуля в виробничому середовищі на основі економічних показників засобами прогнозування та оптимізації. Запропонований метод дозволяє формувати поведінкову стратегію інтелектуального модуля шляхом адаптації виробничої системи за допомогою модифікації моделі управління при зміні прогнозу її функціонування на основі екстремального принципу управління цільовим параметром.

Для експериментальної перевірки дослідження було розроблено програмне середовище для дослідження даної концепції, методу та алгоритму з використанням економічної моделі виробничого середовища.

Проведені теоретичні експерименти та дослідження у модельному середовищі продемонстрували хорошу збіжність результатів і підтвердили гіпотезу про підвищення ефективності функціонування виробничої системи при застосуванні у процесі вироблення поведінкових стратегій інтелектуального модуля методів оптимізації. Варіація результатів у досліджах не заперечує в цілому позитивний вектор зростання економічних показників виробничої системи.

Також було визначено можливі шляхи покращання ефективності роботи запропонованого алгоритму, а саме: формування більш адекватної функції для обрахунку матриці корисності, вдосконалення оцінки ризиків, а також у проведенні досліджень з використанням реальних функцій опису динаміки руху виробничої системи.

Отримані результати дозволяють очікувати позитивний ефект від впровадження даного методу прийняття рішень у системи управління виробничими технологічними модулями та досягнення більш високого рівня інтелектуалізації їхнього функціонування на основі результатів експрес-діагностики та за моніторинговими даними. Перспективою дослідження є розробка методів автоматизації обслуговування життєвого циклу виробничого обладнання, оптимізації виробничої програми та управління якістю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. О программировании игры вычислительной машины в шахматы / Г.М. Адельсон-Вельский, В.Л. Арлазаров, А.Р. Битман [и др.] // Успехи математических наук. – 1970. – Март-апрель, Т. XXV, Вып. 2. – С. 152.
2. Программирование недетерминированных игр [Электронный ресурс]. – 2003. – № 263. – Режим доступа: <http://gordon0030.narod.ru/archive/12035/index.html>.
3. Основы технической диагностики: в 2 кн. / В.В. Карибский, П.П. Пархоменко, Е.С. Согомоян, В.Ф. Халчев; под ред. П.П. Пархоменко. – М.: Энергия, 1976. – Кн. 1: Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза. – 464 с.
4. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги : ДСТУ 2862–94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 1994. – 90 с. (Національний стандарт України).
5. Надійність техніки. Експериментальне оцінювання та контроль надійності. Основні положення: ДСТУ 2864–94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 30 с. (Національний стандарт України).
6. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними: ДСТУ 3004–95. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 123 с. (Національний стандарт України).
7. Литвинов В.В. Система диагностики для установок электронно-лучевой сварки / В.В. Литвинов, И.Ю. Григорьев // Математичні машини і системи. – 2010. – № 2. – С. 21 – 31.
8. Шаповалов Є.В. Засоби технічного зору як елемент зворотного зв'язку в системах стеження дугового зварювання: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.13.07 “Автоматизація технологічних процесів” / Є.В. Шаповалов. – К., 2006. – 19 с.

9. Ярмілко А.В. Дослідження ефективності системи технічного зору при визначенні просторових параметрів зварювальної плями / П'ята наук.-практ. конф. з міжнар. участю "Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2010". Тези доповідей, (Київ, 21–25 червня 2010 р.) / А.В. Ярмілко. – К.: ІПММС, 2010. – С. 178.
10. Ярмілко А.В. Експрес-діагностика виробничих процесів за результатами відеоспостережень / Шоста науково-практична конференція з міжнародною участю "Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС '2011". Тези доповідей, (Чернігів, 27-30 червня 2011 р.) / А.В. Ярмілко, А.Ю. Небилиця. – Чернігів: ФОП Васюта В.В., 2011. – С. 209 – 212.
11. Івченко І.Ю. Моделювання економічних ризиків і ризикових ситуацій: навч. посіб. / І.Ю. Івченко. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 344 с.
12. Дикань Н.В. Менеджмент: навч. посіб. / Н.В. Дикань, І.І. Борисенко. – К.: Знання, 2008. – 389 с.

Стаття надійшла до редакції 09.11.2012