

Література

1. Чеклов, В. Ф. Автоматизована система розподілу порожніх вагонів [Текст] / В. Ф. Чеклов, В. М. Чеклова, О. І. Шеховцов // Вісник ДІАТ. Д. : ДІАТ, 2008. - № 2. - С. 13-18.
2. Елисеєв, С. Ю. Оптимальное регулирование порожних вагонопотоков на железных дорогах России [Текст] / С. Ю. Елисеєв // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом. - СПб. : ПГУПС, 2002. - С. 21.
3. Правдин, Н. В. Використання апарату нечіткої логіки для оптимізації розподілу обмеженого ресурсу на залізничному полігоні [Текст] / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей, В. А. Подкопаєв // Інформаційно-керувачі системи на залізничному транспорті. – Х. : Укр-ДАЗТ, 2006. - № 4. - С. 10-14.
4. Дувалян, С. В. Методы и алгоритмы решения задач планирования и учета на железнодорожном транспорте [Текст] / С. В. Дувалян // Сб. научных трудов ВНИИЖТ. – М. : Транспорт, 1969. - № 401. – 256 с.
5. Чибісов, Ю. В. Підвищення ефективності вантажних перевезень у залізничному вузлі за рахунок вибору раціонального розподілу поїздопотоків по ділянкам вузла [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Ю. В. Чибісов. – Дніпропетровськ, 2012. - 23 с.
6. Акулиничев, В. М. Математические методы в эксплуатации железных дорог [Текст] : учеб. пособие для вузов ж. д. трансп. / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, А. Н. Корешков и др. - М. : Транспорт, 1981. - 223 с.
7. Kantor, M. Electronic Data Interchange (EDI) [Текст] / Kantor Michael, James H. Burrows // National Institute of Standards and Technology. – Retrieved, 2008. - № 8. – С. 32-38.
8. Wetzel, H. Productivity Growth in European Railways: Technological Progress, Efficiency Change and Scale Effects [Електронний ресурс] / Heike Wetzel University of Lüneburg // Working Paper Series in Economics, 2011. – № 101. - Режим доступу : www.leuphana.de/vwl/papers.
9. Topolsk, S. Analysis of the technological process of rings of train wheels [Текст] / S. Topolsk // Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2011. – № 4. – С. 405-408.
10. Kardos, T. Railway Technology Software by Rail Navigator Ltd [Електронний ресурс] / Tibor Kardos. Режим доступу : <http://mobil.innoteka.hu/cikk/railway-technology-software-by-rail-navigato-ltd.490.html>.
11. Couto, A. The effect of high-speed technology on European railway productivity growth [Електронний ресурс] / António Couto // Journal of Rail Transport Planning & Management. Режим доступу : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210970612000030>.

Запропоновано модель адаптивної системи нейро-нечіткого управління точністю та стабільністю технологічного процесу механічної обробки деталей, яка забезпечує регламентоване значення контрольованого параметра незалежно від закону його розподілу та зміни у часі систематичної складової похибки механічної обробки

Ключові слова: нейро-нечітке управління, прогнозування, точність, стабільність, технологічний процес, механічна обробка

Предложена модель адаптивной системы нейро-нечеткого управления точностью и стабильностью технологического процесса механической обработки деталей, обеспечивающая регламентированное значение контролируемого параметра независимо от закона его распределения и изменения во времени систематической составляющей погрешности механической обработки

Ключевые слова: нейро-нечеткое управление, прогнозирование, точность, стабильность, технологический процесс, механическая обработка

УДК 004.89:658.562

НЕЙРО-НЕЧІТКЕ УПРАВЛІННЯ ТОЧНІСТЮ ТА СТАБІЛЬНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

Н. А. Зубрецька

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра метрології, стандартизації та сертифікації
Київський національний університет технологій та
дизайну
вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ, Україна,
01011

E-mail: zubr_27@mail.ru

1. Вступ

Відомо, що точність механічної обробки деталей машин і механізмів суттєво впливає на експлуатацій-

ні властивості промислової продукції і, як наслідок, на її конкурентоспроможність. При токарній обробці деталей на верстатах з ЧПУ вплив сукупності температурно-силових факторів на технологічну систему

СПІД призводить до деформацій елементів системи, зношування інструменту та до порушення точності технологічного процесу механічної обробки деталей [1–4]. На вітчизняних машинобудівних підприємствах широко застосовують адаптивні системи управління, що забезпечують підвищення точності процесу точіння матеріалів шляхом зміни подачі ріжучого інструменту вздовж оброблюваної поверхні заготовки на основі аналізу сигналів датчиків, які реєструють зміну контрольованих характеристик. Поряд з подальшим техніко-конструкційним удосконаленням адаптивних систем управління існує необхідність проведення досліджень, спрямованих на підвищення точності токарної обробки шляхом науково обґрунтованої оптимізації технологічних режимів різання [2].

Ефективність адаптивного управління процесом механічної обробки визначається досконалістю алгоритмічного та математичного забезпечення управління точністю на верстатах з ЧПУ [1]. Існуючі методи розрахункового визначення показників точності токарної обробки базуються на використанні емпіричних залежностей, встановлених на основі однофакторного експериментального дослідження. Проте ці залежності не враховують взаємозв'язок і взаємовплив змінних технологічних факторів, а також динамічно наростаюче зношування ріжучого інструменту, мають обмежену сферу застосування та не забезпечують достатньої достовірності розрахунків в умовах апріорної невизначеності [2].

Наявність випадкової складової відхилень розмірів обумовлює необхідність застосування методів статистичного прогнозування, від точності яких значною мірою залежить ефективність автоматичної підналадки. Однак методи статистичного моделювання не дозволяють забезпечити адаптивне управління процесами в режимі on-line, вимагають значного обсягу інформаційних і обчислювальних ресурсів [1].

Удосконалення алгоритмів автоматичної підналадки можливе на основі спільного застосування адаптивних методів нейромережного моделювання та нечіткого логічного управління, що характеризуються властивостями самоорганізації, здатності моделювання нестационарних, нелінійних процесів і не потребують інформації про імовірнісні характеристики контрольованих параметрів.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Аналіз сучасної науково-технічної літератури з питань автоматизованого контролю і регулювання технологічних процесів показує, що використання принципів нейро-нечіткої обробки вимірювальної інформації на основі дослідно-статистичних методів аналізу точності технологічних систем дозволяє отримати достовірні прогнози оцінки показників процесу механічної обробки деталей циліндричної форми в умовах нестационарності зміни значень контрольованого параметра деталі [4–7].

Для забезпечення регламентованого значення контрольованого параметра виготовлюваного виробу незалежно від значень закону його статистичного розподілу і зміни у часі пропонується застосовувати адаптивну систему управління, що заснована на реалі-

зації принципу нейро-нечіткого управління точністю та стабільністю технологічних процесів механічної обробки [8, 9]. В основу розробки системи закладено принципи прогнозу статистичної ідентифікації, багатокритеріальної нейромережної класифікації та нейро-нечіткого моделювання. При цьому зроблено припущення, що підвищення ефективності використання інформації про контрольований параметр можливе на основі спільного застосування контрольних карт і нейро-нечіткого моделювання, що дозволяє створювати прогнози контрольні карти як інструмент інформаційного забезпечення показників якості процесів в режимі on-line на основі прогнозних оцінок відхилення розміру деталей. Для побудови прогнозних контрольних карт розділимо область статистичного регулювання в межах поля допуску T на вісім зон $-D, -A, -B, -C, C, B, A, D$, як показано на рис. 1.

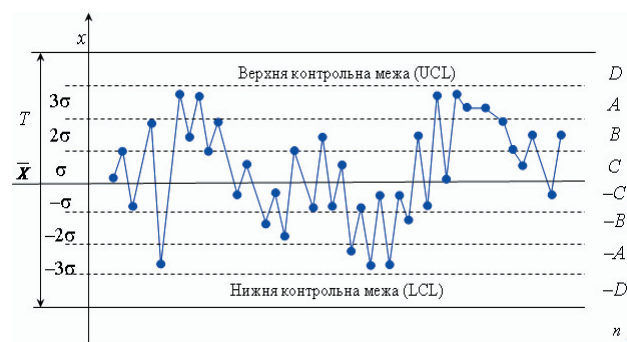


Рис. 1. Зони статистичного регулювання технологічного процесу механічної обробки

При керованому технологічному процесі контрольований параметр x_i приймає значення, що відповідають кожній із зазначених зон регулювання контрольної карти.

Отримані дані про відхилення значень x_i від номінального розміру формують масив інформації про стан процесу – образ зони регулювання, ідентифікація якої здійснюється через заданий інтервал прогнозування з використанням багатокритеріальних нейромережних моделей.

Для розроблення таких моделей формується навчальна вибірка з використанням вікон x_i і u_j , що розміщуються по часовій послідовності ретроспективних даних – значень відхилення параметра x_i при кожному циклі обробки. Дані у вікні x_i є входами нейронної мережі, а дані вікна u_j – виходами або навчальними прогнозними критеріями, які відповідають зонам $-D, -A, -B, -C, C, B, A, D$, тобто всім можливим станам (образам) технологічного процесу. Відображення $x_i \rightarrow u_j$ використовується як розпізнаваний стан-образ процесу, який може відповідати одній із восьми зон статистичного регулювання у межах поля допуску T .

За таких умов та обмежень ставилось завдання щодо розпізнавання станів нестационарного технологічного процесу механічної обробки деталей на основі спільного використання дослідно-статистичних методів оцінки точності технологічних систем, принципів розпізнавання образів і нейро-нечіткої обробки вимірювальної інформації при формуванні корегувальних впливів для забезпечення регламентованого значення контрольованого параметра.

3. Мета та задачі дослідження

Дослідження ставили за мету підтвердити припущення про те, що використання нейромережного прогнозування та нечіткого логічного управління показниками точності та стабільності технологічних процесів дасть можливість забезпечити регламентоване значення контрольованого показника якості виготовлення виробів незалежно від значень параметрів закону його статистичного розподілу та зміни у часі.

4. Експериментальні дані та їх обробка

Реалізація поставленої мети проводилася за результатами експериментальних даних статистичного контролю якості процесу механічної обробки валу 50,2h6_{-0,19} із сталі Ст 45 мм з довжиною оброблюваної поверхні 210 мм. Дані про відхилення діаметра вала від його номінального значення для послідовно оброблюваних заготовок використовували після попереднього статистичного обробки випадкових вибірок обсягом N=25 за двома реалізаціями (навчальною № 1 та прогноною № 2). За результатами статистичного аналізу даних встановлено лінійний характер тренду контрольованого розмірного параметра та відповідність його відхилень нормальному закону розподілу (рис. 2).

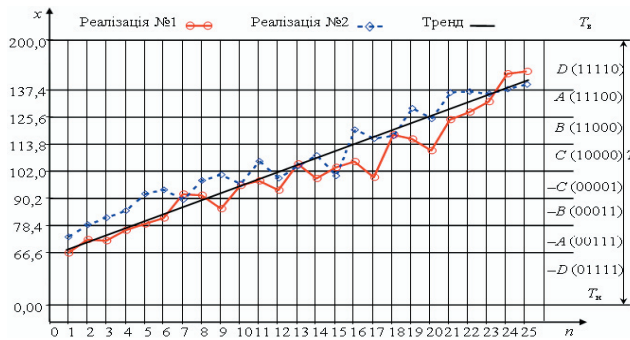


Рис. 2. Графік тренду відхилень контрольованого параметра для двох реалізацій технологічного процесу механічної обробки валу

При побудові нейромережної моделі прогнозування стабільності технологічного процесу формували її входи (приклади навчальної вибірки), розділивши часовий ряд прогнозованого показника на k=5,...,20 значень, що відповідає рекомендованому згідно ГОСТ 27.202-83 [10] обсягу однієї миттєвої вибірки деталей в послідовності їх обробки на одному верстаті. Виходи (прогнозні критерії) позначали п'ятивимірними бінарними векторами, що ідентифікують вісім зон статистичного регулювання -D, -A, -B, -C, C, B, A, D в межах поля допуску T (рис. 2). Визначення меж зон здійснювали за оцінками середнього значення $\bar{X}=102,0$ мкм та стандартного відхилення $\sigma=11,8$ мкм двох перших реалізацій технологічного процесу за даними десяти миттєвих вибірок обсягом 5 деталей у кожній. Таким чином сформовано навчальну вибірку прикладів реалізації №1 з k=10 входами, які відповідають зміщеному на один рівень часовому ряду відхилення діаметра.

З використанням системи BrainMaker Professional розроблено адаптивну нейромережну модель, яка на-

вчалася на кожне наступне значення відхилення деталі з реалізації №2 з урахуванням параметру точності навчання нейромережної моделі Tol=0,1 та отримано прогнозні оцінки вектора, який характеризує відповідність цього значення одній із зон статистичного регулювання. В результаті обчислювальних експериментів одержані достовірні прогнозні оцінки всіх станів технологічного процесу механічної обробки валу для реалізації №2 [8].

Аналогічно побудовано нейромережну модель для прогнозування точності технологічного процесу з k=6 входами, що відповідають зміщеному на один рівень часовому ряду контрольованого параметра реалізації №1, і виходом y_j , який визначає відхилення наступної k+1 деталі. Вибір числа входів нейромережної моделі k=6 прийнято з урахуванням рекомендованого значення при автоматизованій обробці деталей на настольних верстатах [10]. Верифікацію отриманих результатів прогнозування точності технологічного процесу здійснювали з використанням статистичних критеріїв RMS-помилки, мінімальної та максимальної відносних помилок δ , %, коефіцієнту детермінації D. З використанням t-тесту для незалежних вибірок перевіряли нульову гіпотезу щодо відсутності значимої відмінності між результатами прогнозних оцінок і фактичними значеннями відхилень. Нульову гіпотезу підтверджено, оскільки розрахункове значення критерію $p=0,85$ більше рівня значимості $\alpha=0,05$. Результати верифікації свідчать про високу достовірність прогнозних показників точності та стабільності технологічного процесу (табл. 1).

Таблиця 1

Розрахункові значення статистичних критеріїв

RMS, мкм	δ_{\min} , %	δ_{\max} , %	D	t	
6,856	4	10	0,966	p=0,85	Відмінність не значима

Розроблені прогнозні моделі є елементами запропонованої адаптивної комбінованої системи нейро-нечіткого управління точністю та стабільністю технологічного процесу механічної обробки деталей, яка забезпечує регламентоване значення d_n контрольованого параметра d незалежно від закону розподілу і зміни у часі систематичної складової похибки механічної обробки. Система складається з модулів нейромережної багатокритеріальної прогнозної класифікації та нечіткого логічного управління (рис. 3).

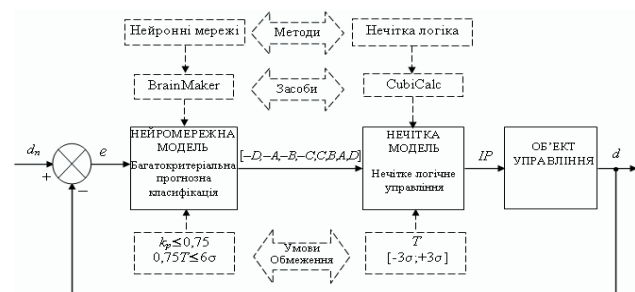


Рис. 3. Структурна схема адаптивної комбінованої системи управління точністю та стабільністю технологічного процесу механічної обробки деталей

Таблиця 2

Терми кусково-лінійних функцій належності змінних

Змінна	Терми								
	NVL	NL	NM	NS	ZE	PS	PM	PL	PVL
Deviation, мкм	0,0	66,6	78,4	90,2	102,0	113,8	125,6	137,4	200,0
Impuls, мкм	0,0	19,0	38,0	57,0	76,0	95,0	114,0	133,0	152,0

Навхід адаптивної комбінованої системи надходить інформація про значення контрольованого параметру d , на виході нейромережної моделі отримується прогнозне значення відхилення розміру кожної наступної послідовно оброблюваної деталі, яке подається на вхід нечіткої моделі. На виході нечіткої моделі формується керуючий вплив у вигляді імпульсу підналадки IP, який забезпечує зміщення ріжучого інструменту верстата на величину IP для відновлення початкової точності взаємного розташування інструменту і заготовки та стабілізації значень контрольованого параметра в середині поля допуску T.

При цьому модуль багатокритеріальної прогнозної класифікації в залежності від використовуваної нейромережної моделі виконує функції:

- нейромережної ідентифікації зон статистичного регулювання для прогнозування стабільності технологічного процесу;

- прогнозування абсолютного значення відхилення розміру наступної деталі для управління точністю технологічного процесу.

Для створення нечіткої моделі управління розроблено базу продукційних правил типу «If A Then B» з урахуванням числа термів – $l_4; l_4$ нечітких функцій належності $\mu(x)$ вхідних змінних x (величина відхилення Deviation) і вихідної змінної IP (імпульсу підналадки Impuls).

Для розробки термів функцій належності вхідної та вихідної змінних нечіткої моделі обрано кусково-лінійні трикутні функції належності (рис. 4).

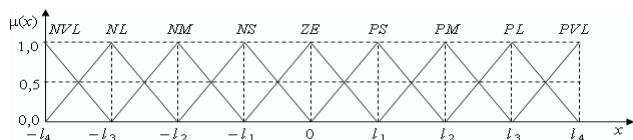


Рис. 4. Кусково-лінійні трикутні функції належності нечітких змінних

Для створення нечіткої моделі розділимо діапазон зміни вхідної нечіткої змінної Deviation на вісім зон, яким відповідають нечіткі терми NVL, NL, NM, NS, ZE, PS, PM, PL, PVL. Параметри нечіткої функції належності змінної Deviation визначено за розрахованим значенням $\sigma=11,8$ мкм з урахуванням того, що відхилення може приймати будь-яке значення в межах поля допуску $T=200$ мкм. Параметри вихідної нечіткої змінної Impuls задано в діапазоні значень від 0 мкм до 152 мкм, де верхня межа інтервалу визначена експериментально в результаті статистичного аналізу даних і характеризує величину зміщення вершини кривої розсіювання контрольованого показника з урахуванням впливу на його величину змінних систематичних похибок.

Оскільки тренд відхилення діаметра валу Deviation характеризується лінійною залежністю, то для задання параметрів функції належності вихідної змінної Impuls розділимо рівномірно її діапазон, як показано у табл. 2.

Таким чином, діапазонам значень нечітких функцій належності для кожного з термів NVL, NL, NM, NS, ZE, PS, PM, PL, PVL поставлені у відповідність кількісні значення зон статистичного регулювання -D, -A, -B, -C, B, A, D.

Програмну реалізацію нечіткої моделі здійснювали в системі CubiCalc 2.0. З метою виключення суб'єктивності при створенні бази нечітких правил і визначенні параметрів функцій належності використовували спеціальний модуль системи CubiCalc – Rule Maker, що призначений для автоматичної побудови правил на основі кластеризації та виявлення зв'язків між виділеними групами оброблюваних масивів даних.

На основі побудованої бази правил нечітка модель формує сигнал управління вихідної змінної Impuls для зміщення ріжучого інструменту на необхідну величину та забезпечення на виході системи управління значення контрольованого параметра Deviation у середині поля допуску T.

Результат імітаційного моделювання процесу управління імпульсом підналадки з використанням розробленої комбінованої системи представлений у вигляді точкової діаграми відхилень для вихідної реалізації № 2 (рис. 5).

Аналіз результатів показує, що в результаті нейро-нечіткого управління більшість значень відхилення діаметра валу від номінального розміру знаходиться в середині поля допуску і має розсіювання в межах зон – C та B.



Рис. 5. Діаграма відхилень контрольованого параметра до нейро-нечіткого управління імпульсом підналадки (вихідна реалізація № 2) та за результатами імітаційного моделювання (прогнозна реалізація № 2)

5. Висновки

Таким чином, на основі комплексних досліджень і отриманих результатів імітаційного моделювання доведено, що використання запропонованої адаптивної комбінованої системи нейро-нечіткого управління дає можливість забезпечити задану точність контрольованого показника якості продукції незалежно від значень параметрів закону його статистичного розподілу та зміни у часі систематичної складової похибки механічної обробки деталей.

Література

1. Невельсон, М.С. Автоматическое управление точностью обработки на металлорежущих станках [Текст] / М.С. Невельсон. – Л.: Машиностроение, 1982. – 184 с.
2. Безъязычный, В.Ф. Управление процессом обработки на станках с ЧПУ путем научно обоснованного динамического изменения режимов резания [Текст] / В.Ф. Безъязычный, В.А. Козлов, А.В. Пудов // Сборка в машиностроении и приборостроении. – 2008. – № 11(100). – С. 13–19.
3. Суслов, А. Г. Качество поверхностного слоя деталей машин [Текст] / А. Г. Суслов – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с.
4. Волосов, С.С. Управление качеством продукции средствами активного контроля [Текст] / С.С. Волосов, З.Ш. Гейлер. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 264 с.
5. Галушкин, А.И. Нейросетевые технологии в России (1982-2010) [Текст] / А.И. Галушкин, С.Н. Симоров. – М.: Горячая линия. – Телеком, 2011. – 316 с.
6. Никишечкин, А.П. Повышение качества процесса адаптации при изменении технологических параметров с помощью аппарата нейронных сетей: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. – М.: Станкин, 2002. – 187 с.
7. Биленко, С.В. Повышение эффективности высокоскоростной механической обработки на основе подходов нелинейной динамики и нейронносетового моделирования [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.03.01. – Комсомольск-на-Амуре, 2006. – 331 с.
8. Федин, С.С. Оценка и прогнозирование качества промышленной продукции с использованием адаптивных систем искусственного интеллекта: [монография] / С.С. Федин, Н.А. Зубрецкая. – К.: Интерсервис, 2012. – 206 с.
9. Федин, С.С. Информационное обеспечение качества деталей машиностроения с использованием модели нечеткого логического вывода [Текст] / С.С. Федин, Н.А. Зубрецкая, А.С. Гончаров // Системы обработки информации. – 2012. – В.2(100). – С. 104–107.
10. Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции. ГОСТ 27.202-83 [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 50 с.

На підставі відтворення технології функціонування прикордонної передавальної станції виявлено, що найбільший вплив на швидкість передачі вагонопотоку за кордон мають прості вагонів під технологічними операціями. Проведено обґрунтування доцільності удосконалення функціонування інформаційної підсистеми прикордонної передавальної станції як учасника транспортно-логістичного кластеру

Ключові слова: міжнародні перевезення, інформаційна підсистема, прикордонні передавальні станції, транспортно-логістичний кластер

На основании воспроизведения технологии функционирования пограничной передаточной станции обнаружено, что наибольшее влияние на скорость передачи вагонопотоков за границу имеют простые вагонов под технологическими операциями. Проведено обоснование целесообразности усовершенствования функционирования информационной подсистемы пограничной передаточной станции как участника транспортно-логистического кластера

Ключевые слова: международные перевозки, информационная подсистема, пограничные передаточные станции, транспортно-логистический кластер

УДК 656.21

ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПРИКОРДОННИХ СТАНЦІЙ В МЕЖАХ ТРАНСПОРТНО- ЛОГІСТИЧНИХ КЛАСТЕРІВ

Ю. В. Шульдінер

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра транспортних систем та логістики
Українська державна академія залізничного
транспорту
пл. Фейєрбаха 7, м. Харків, Україна, 61050
E-mail: yourlichka@mail.ru

1. Вступ

У відповідності з постановою Кабінету Міністрів України від 16.11.2011 року № 1186 про «Порядок розроблення, проведення моніторингу та оцінки реалізації регіональних стратегій розвитку» [1] обласними

держадміністраціями розроблено стратегічні плани розвитку регіонів на довгостроковий (понад п'ять років) період.

Одним із ключових напрямків загальної стратегії регіонального розвитку є стратегія розвитку регіональної транспортної системи, метою якої є зміц-