

Legislation Institute of the Verkhovna Rada of Ukraine
National Security and Defense Council of Ukraine
Odessa State University of Internal Affairs
Odessa Military Academy
National Academy of the Security Service of Ukraine
Odessa National Maritime University
National University of Water and Environmental Engineering
Institute of Criminal Law and Applied Criminology (Chisinau)
Siedlce University of Natural Sciences and Humanities
Gdansk University of Physical Education and Sport
Center for Ukrainian and European Scientific Cooperation

International scientific conference

**MARITIME SECURITY
OF THE BALTIC-BLACK SEA REGION:
CHALLENGES AND THREATS**

December 23, 2021

Volume 2



2021

International scientific conference «Maritime security of the Baltic-Black sea region: challenges and threats» : conference proceedings, December 23, 2021. Odessa : Izdevniecība «Baltija Publishing», 420 pages.

ORGANISING COMMITTEE

Foreign members of the Organizational Committee:

Kanels Juris – PhD in polit., Rector of the Transport and Telecommunication Institute (the Republic of Latvia);

Buzhor Valerii Heorhiiiovych – Doctor of Law, Professor, Rector of the Institute of Criminal Law and Applied Criminology, President of the Independent Criminological Association of the Republic of Moldova (the Republic of Moldova);

Stanisław Topolewski – Phd hab., retired Colonel, Prof., Siedlce University of Natural Sciences and Humanities, Director of the Institute of Security Studies (the Republic of Poland);

Skalski Dariusz – Dr. hab. Prof., Gdansk University of Physical Education and Sport (the Republic of Poland);

Vareikis Vygtas – Doctor of Humanities, Professor, Leading Research Fellow, Institute of Baltic Region History and Archaeology, Klaipėda University (the Republic of Lithuania);

Petryk Artem – PhD in History, Senior Research Fellow, Institute of Baltic Region History and Archaeology of Klaipėda University (Republic of Lithuania).

Ukrainian members of the Organizational Committee:

Kuznichenko Serhii Oleksandrovych – Doctor of Law, Professor, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Corresponding Member of the National Academy of Legal Sciences of Ukraine, Rector of Odessa State University of Internal Affairs;

Prokofieva-Yanchylenko Daria Mykhailivna – Doctor of Law, Honored Lawyer of Ukraine, Head of the Interdepartmental Research Center for Organized Crime at the National Security and Defense Council of Ukraine;

Kurovska Ilona Anatoliivna – PhD in Law, Senior Research Associate, Director of the Legislation Institute of the Verkhovna Rada of Ukraine;

Rudenko Serhii Vasylovych – Doctor of Engineering, Professor, Rector of Odessa National Maritime University;

Kliat Yurii Oleksandrovych – PhD in Engineering, Colonel, Deputy Head of Odessa Military Academy;

Cherniak Andrii Mykolaiovych – Doctor of Law, Professor, Colonel, Rector of the National Academy of the Security Service of Ukraine;

Grygus Ihor Mykhailiovych – Doctor of Medical Sciences, Professor, Director the Educational and Scientific Institute of Health Care of the National University of Water and Environmental Engineering;

Vikhliaiev Mykhailo Yuriiiovych – Doctor of Law, Professor, Director of the Center for Ukrainian and European Scientific Cooperation.

Each author is responsible for content and formation of his/her materials.
The reference is mandatory in case of republishing or citation.

CONTENTS

WELCOME REMARKS

Богдан ДРАП'ЯТИЙ	14
-------------------------------	-----------

THE STATUS OF INTERREGIONAL AND NATIONAL STRATEGIES FOR MARITIME SECURITY

Проблеми функціонування морського транспорту і безпека України

Бублик О. І., Сикало А. В.	16
--	-----------

Розробка методології системного підходу до проблем кібербезпеки на борту судна

Волошинов С. А., Кравцова Л. В., Зайцева Т. В.	19
--	-----------

Трансформація політики НАТО щодо Чорноморського регіону після окупації Криму

Горюнова Є. О.	23
----------------------------	-----------

Стратегічні напрями морських наукових досліджень

Давидова Т. О.	27
----------------------------	-----------

Морське право України в умовах глобалізації

Котковський В. С.	29
-------------------------------	-----------

Трансформація української національної безпеки в умовах війни з Росією

Лісовський В. М.	31
------------------------------	-----------

Вплив глобальних ризиків на інформаційно-правове забезпечення морської безпеки

Львова Є. О., Юрченко М. М.	35
---	-----------

MARITIME SECURITY COOPERATION OF THE BALTIC-BLACK SEA STATES

Україна та нові альянси у Балто-Чорноморському регіоні: питання безпеки

Автушенко І. Б.	39
-----------------------------	-----------

Політологічні вектори Балто-Чорноморського співробітництва: ретроспективний аспект та сучасний контекст

Клячко В. М.	42
--------------------------	-----------

Роль міжнародної морської організації в забезпеченні морської безпеки України у Балто-Чорноморському регіоні

Мануїлова К. В., Колеснікова К. С., Пурцхванідзе О. В.	46
--	-----------

Морська безпека Чорноморського регіону за часів Козацько-Гетьманської держави (середина XVII – початок XVIII ст.) Подкупко Т. Л.	49
Роль балтійсько-чорноморського співробітництва у зовнішньо-економічній діяльності України Савельєва А. С.	52
MODERN MILITARY THREATS IN THE BALTIC-BLACK SEA REGION AND COUNTERMEASURES	
Історичний погляд військових загроз у Балто-Чорноморському регіоні Демчук Л. І., Алпатова О. М.	55
Hybrid war as a modern threat in the Baltic-Black Sea region Dykun V. G., Stasiuk V. V., Peretiatko D. O.	59
Роль Військово-Морських Сил України у політичному протистоянні: інформаційний аспект Завгородня Ю. В.	63
Інформаційно-психологічна війна та інтереси Росії в Чорноморському регіоні Козьма В. В.	66
Україна – Туреччина: шлях до стратегічного партнерства Матвєєва Л. Г.	70
Геополітичні загрози політиці безпеки в Балто-Чорноморському регіоні Надобко О. О.	73
Інтенсифікація регіональних партнерств України у контексті сучасних військових загроз у Балто-Чорноморському регіоні Ткачук Н. І.	76
INTERNATIONAL AND NATIONAL STATUTORY SUPPORT OF MARITIME SECURITY	
Правова політика держави в галузі контролю за вчиненням злочинів, пов'язаних з незаконним переміщенням речей через митну територію України Антоненко О. А.	79

Особливості порядку оформлення матеріалів про адміністративні правопорушення на морському та річковому транспорті Бездольний М. Ю.	82
Аналіз міжнародного та національного законодавства щодо забезпечення морської безпеки Бондар В. В.	84
Сучасні проблеми чинності КК України у просторі Борovenko В. М.	87
Комплексність та системність у формуванні Стратегії морської безпеки України Горбаньов І. М.	92
Правові проблеми використання земель морського транспорту Григорєцька І. І.	94
Господарсько-правові засоби забезпечення морської безпеки Громенко Ю. О.	98
Безпека судноплавства суднами змішаного плавання та внутрішнього плавання Чорноморського регіону за національним законодавством України: окремі аспекти Кострицький І. Л.	100
Нормативно-правове регулювання у сфері кібербезпеки в судноплавстві Краснікова О. В.	104
Проблеми гармонізації національного законодавства України з Протоколом ООН про вогнепальну зброю та Конвенцією ООН проти транснаціональної організованої злочинності Кришевич О. В.	108
Протидія нелегальній міграції на шляхах морського сполучення: окремі проблеми та напрями удосконалення Луценко Ю. В.	111
Кримінальні процесуальні повноваження капітана українського морського судна Навроцька В. В.	115
Міжнародно-правове регулювання використання автономних суден в контексті безпеки мореплавства Смирнова С. А.	117

Морська безпека України	
Южека Р. С.	121

MARITIME SECURITY AND INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATIONS

Міжнародно-правові підходи до вирішення Егейського спору: перспективи та реалії	
Ахмедова Е. Р.	123

Аналіз виконання вимог з питань захисту суден від кіберризиків	
Бичковський Ю. В.	126

The state department of maritime and river transport of Ukraine	
Vasta V. V.	130

Міжнародна безпека в Чорноморському регіоні	
Ліннік Ю. В.	132

Балто-Чорноморський союз як безпека в Чорноморському регіоні	
Луцюк М. С.	135

Особливості нормування санітарно-гігієнічних параметрів на морських суднах	
Ляшенко О. Б.	138

Історія створення міжнародної морської організації та участь України в її діяльності	
Мевша А. В.	142

Особливості правового статусу Міжнародного трибуналу з морського права	
Новікова М. М.	145

Міжнародна морська організація та участь України в її правотворчій діяльності	
Шевчук В. В.	147

THE ROLE OF LAW-ENFORCEMENT AGENCIES IN ENSURING MARITIME SECURITY

Національна поліція як суб'єкт реалізації Стратегії морської безпеки України	
Албул С. В.	152

Створення системи військової юстиції в Україні як суттєвий чинник національної безпеки	
Алябов Ю. В.	154

Проблеми забезпечення підрозділами Держприкордонслужби охорони суверенних прав України на морські простори Баранов С. О., Рибаченко С. П.	159
Особливості кваліфікації створення та керівництва злочинної спільноти Беніцький А. С.	163
Порядок надання поліцейськими домедичної допомоги потерпілій особі при утопленні Вайда Т. С., Голенко Н. М.	167
Procedural ensuring of a proper investigation of criminal proceedings by the facts of violation of cybersecurity of navigation in the world and on inland water transport Voloshanivska T. V., Fedorov I. V.	171
До питання взаємодії правоохоронних органів при розслідуванні кримінальних правопорушень, пов'язаних із забрудненням водних об'єктів Галицька О. К.	174
Роль інституту викривачів у протидії з корупцією Державної прикордонної служби України для забезпечення морської безпеки Гнатенко В. С.	178
Розмежування повноважень Державної служби морського та річкового транспорту України, органів Національної поліції у запобіганні та протидії адміністративним правопорушенням Горбач-Кудря І. А.	182
Участь підрозділів Національної поліції у забезпеченні морської безпеки Єсімов С. С.	186
Деякі безпекові морські заходи Національної поліції України та навчальних закладів Азовсько-Чорноморського регіону Херсонської області Жильцов О. Л., Новіков М. М.	190
Роль Збройних Сил України у забезпеченні оборони морських портів Карпенко В. С., Бондаренко В. О.	193

Забезпечення морської безпеки в Балто-Чорноморському регіоні Крут К. О.	196
Дотримання прав людини в діяльності Служби безпеки України як одного із суб'єктів забезпечення морської безпеки Луценко Я. Л.	199
Забезпечення морської безпеки правоохоронними органами США на прикладі Служби кримінальних розслідувань ВМС США) Макаренко В. С.	203
Деякі питання досудового розслідування злочинів на морському транспорті Наливко Н. В.	206
Особа підозрюваного як елемент криміналістичної характеристики контрабанди на морі Янковий М. О.	210
CURRENT STATE AND CHALLENGES OF MARITIME SECURITY OF PORTS OF THE BALTIC-BLACK SEA REGION	
Сучасний стан об'єктів гідротехнічної інфраструктури портів «Великої Одеси» Калюжна В. С., Дубровський М. П., Калюжний О. В.	213
Організована злочинність як фактор впливу на безпеку портів як об'єктів критичної інфраструктури держави Рега Ю. О., Щоголев С. В.	216
Гібридні дії Росії в Криму 2003–2008 рр. як загроза безпеці в Чорноморському регіоні та предтеча збройної агресії проти України 2014 р. Соколюк С. М.	219
ACTIVITIES OF STATE ARMY UNITS IN MARITIME SECURITY	
Правове забезпечення військово-морської діяльності як пріоритет державної морської політики України Костова Н. І.	225
FIGHT AGAINST MARITIME TERRORISM, SMUGGLING, AND ILLEGAL DRUG TRAFFICKING	
Запобігання та протидія контрабанди наркотичних засобів та тероризму на морі Александрова О. Р., Коломієць Ю. М., Карапет'янц С. І.	228

Відповідальність за тероризм у проєкті Кримінального кодексу України Балобанова Д. О., Конопельський В. Я.	232
Актуальні питання підготовки поліцейських до виконання службових обов’язків із використанням плавзасобів Бахчеван Є. Ф., Мосузенко В. Ю., Головацький О. О.	236
Криміналістичне забезпечення протидії контрабанді наркотиків, що вчиняється на морському транспорті Гора І. В.	238
Негласні слідчі (розшукові) дії як фактор забезпечення морської безпеки Денисенко М. М.	242
Протидія організованим злочинним угрупованням, що вчиняють злочини, пов’язані з незаконним обігом наркотиків у Чорноморському регіоні Єгоров С. О., Байов В. О.	246
Питання вдосконалення законодавства України стосовно відповідальності за створення терористичної групи чи терористичної організації Ємельянов В. П.	250
Транснаціональна економічна злочинність на морі Завидняк І. О.	253
Усвідомлення природи тероризму як ключ до контролю над ним Калуга В. Ф.	256
Значення аналітичного пошуку при виявленні ознак контрабанди на морському кордоні Калугін В. Ю.	258
Проблемні аспекти реалізації повноважень капітана морського судна у протидії злочинності Кобко Є. В.	261
Обґрунтованість криміналізації вчинення сприяння терористичній діяльності Кожевник О. А.	264

Криміналістичне забезпечення розслідування злочинів на об'єктах критичної інфраструктури Балто-Чорноморського регіону Колесник В. А.	268
Аналіз проблемних питань притягнення до відповідальності за контрабанду на підставі аналізу судової практики Макаренко О. Ю., Макаренко Н. А.	271
Морський тероризм як суспільно-небезпечне і протиправне явище Мельник Д. С.	273
Проблемні питання боротьби з контрабандою наркотичних засобів на морському транспорті Ходанович В. О.	278
Співвідношення та розмежування морського піратства та тероризму на морі Юнку І. І.	281
RESPECT FOR SEAFARERS' RIGHTS AS A COMPONENT OF MARITIME SECURITY	
Особливості соціально-трудових прав моряків: право на репатріацію Андрусенко О. А.	286
Оподаткування прибутку українських моряків Березенко І. В.	288
Гарантії забезпечення трудових прав працівників морських портів в умовах пандемії Добрянська О. Д., Пунда О. О.	291
Особливості проведення контролю щодо умов праці і життя моряків Іванова А. В.	294
Дотримання прав моряків в міжнародному та національному законодавстві Кравцова М. О., Кравцов О. Г.	298
Деякі нормативні проблеми регулювання репатріації моряків Марченко О. А.	301
Проблеми пенсійного забезпечення моряків Наливко Н. В.	305

PARTICULARITIES OF TRAINING**AND RETRAINING OF MARITIME SECURITY OFFICERS**

Психологічні засади забезпечення ефективної діяльності
працівників морської безпеки

Кретчак О. М...... 309

**INTERRELATION OF MARITIME SECURITY AND ECONOMIC,
ENVIRONMENTAL, FOOD, INFORMATION, AND ENERGY
SECURITY OF THE BALTIC-BLACK SEA STATES**

Правове регулювання екологічними ризиками
в морському просторі під час збройних конфліктів

Борщевська О. М...... 312

Проблематика екологічного стану Азовського та Чорного моря

Буц В. І., Буц І. М...... 315

Застосування кримінальної відповідальності юридичних осіб
для захисту екологічної безпеки та запобігання тривалому
забрудненню навколишнього середовища: теорія та практика

Буц І. М...... 319

Морська безпека та екологічна безпека: деякі аспекти
взаємозв'язку та взаємовпливу

Гоштинар С. Л. 321

Оцінювання екологічних ризиків у північно-західній частині
шельфової зони Чорного моря

Даус М. Є., Даус Ю. В. 324

Зміцнення інституційної спроможності Бюро економічної безпеки
України як запорука забезпечення морської безпеки держави

Дзюба Ю. П...... 329

Відшкодування шкоди від забруднення прибережних зон

Дришлюк В. І. 331

Розвиток морської вітроенергетики як крок
до енергетичної безпеки України

Ель Хадрі Юссеф, Берлінський М. А., Сліже М. О...... 334

Чорне море як акваторія гібридної війни проти України

Ірха К. О...... 338

Морська безпека як складова національної економічної безпеки держави Кузьменко Ю. В., Думанський Р. В.	342
Екологічні аспекти забезпечення морської безпеки країн Балто-Чорноморського регіону Лобойченко В. М., Рашкевич Н. В., Леонова Н. О.	344
Інституціональні особливості морської та енергетичної безпеки в Балто-Чорноморському регіоні початку ХХІ століття: інструментарій і дипломатія міжнародних акторів (досвід Румунії та України) Циватий В. Г.	346
COUNTERING MARITIME ILLEGAL MIGRATION, HUMAN EXPLOITATION AND TRAFFICKING Проблема торгівлі людьми, її особливості та шляхи вирішення Баранова А. О.	351
Нелегальна міграція як засіб виживання в країнах пострадянського світу Беляєва О. П.	352
Торгівля людьми: шляхи запобігання Воронцов А. В.	356
Протидії нелегальній міграції морем: правові аспекти Герашенко О. С., Удренас Г. І.	359
The problem of combating human trafficking in the Baltic sea Kolesnyk A. Ye.	364
Міжнародно-правове регулювання протидії нелегальній міграції на морі Кортукова Т. О., Благодарний А. М.	367
Основні механізми протидії незаконній міграції морем Кравцова М. О.	371
Нелегальна міграція та торгівля людьми як складник організованої злочинності Невмержицький С. М.	374
Стан наукової розробленості проблеми оперативно-розшукового забезпечення виявлення та розслідування торгівлі людьми в морському середовищі Форос Г. В., Мельнікова О. О.	378

THE FUNCTIONING OF MARITIME SEARCH AND RESCUE TEAMS

Діяльність морської пошуково-рятувальної служби України

Бурлаченко Д. А., Волошин А. О., Заяц С. В...... 382

The concept of a coastal zone from the point of view
of the functioning of the maritime search and rescue services

Kanifolskyi O. O., Krysiuk L. M...... 384

Функціонування казенного підприємства
«Морська пошуково-рятувальна служба»

Козоріз В. О...... 388

MARITIME SECURITY MAINTENANCE

Інструментальні засоби автоматизованого проектування
комплексу технічних пристроїв інформаційної системи

Балтовський О. А. 390

Технічні засоби зв'язку та обробки інформації
щодо морської безпеки

Войченко Т. О...... 394

Методика розрахунку гармати ствола за критерієм опору втомі

Кібаков О. Г., Хомяк Ю. М., Жеглова В. М. 398

Оцінка точності методу прискореного визначення границі
витривалості відновлених деталей судових механізмів і машин

**Конопльов А. В., Шумило О. М., Кононова О. М.,
Галевський В. В., Рожко О. К., Чередарчук Н. І.**..... 404

Кіберризика в системах управління безпекою
на морському транспорті

Костюк Ю. В., Самойленко Ю. О...... 407

Організації нейромережевої моделі Вінера

Сіфоров О. І. 410

Н.Г. Камінська // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування. 12-а Міжнародна науково-практична конференція, 06-08 вересня 2021 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. – С. 250-253.

3. Дудикевич, В. Б. Проблеми оцінки ефективності систем захисту [Текст] / В. Б. Дудикевич, І. А. Прокопишин, В. Ф. Чекурін // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Сер.: Автоматика, вимірювання та керування. – 2012. – № 741. – С. 118–122.

ОРГАНІЗАЦІЇ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ МОДЕЛІ ВІНЕРА

Сіфоров Олександр Іванович

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри кібербезпеки та інформаційного забезпечення
факультету підготовки фахівців для підрозділів кримінальної поліції,
Одеський державний університет внутрішніх справ
м. Одеса, Україна*

Аналіз принципів побудови адаптивних систем автоматичного управління вказав на ряд труднощів, які значно ускладнюють завдання синтезу таких систем. Однією з них є вибір методу налаштування параметрів керуючих пристроїв. Закони налаштування параметрів керуючих пристроїв можуть бути отримані існуючими методами тільки в окремих випадках. Наявність блоку ідентифікації динаміки об'єкта управління і оцінка змінних стану ускладнюють структуру. Крім того, похибка ідентифікації погіршує якість управління, а в деяких випадках призводить до нестійкого режиму роботи.

Застосування апарату нечіткої логіки для побудови адаптивних систем пов'язано з формалізацією неточних, розмитих в смисловому відношенні суджень і узагальнених категорій, що задають класифікацію вихідних понять на рівні нечітких множин, що вельми важливо при управлінні об'єктами, опис яких відомо неточно. Крім того, нечіткі системи за певних умов мають властивість апроксимувати будь-яку нелінійну функцію з будь-якою точністю [1–2]. Це дає можливість створювати адаптивні системи з оптимальним управлінням, яке може бути апроксимоване вихідною змінною нечіткого регулятора [2]. Вибір і обґрунтування математичної моделі є центральними питаннями математичного прогнозування. Побудова моделі досліджуваного процесу являє собою ідентифікації, успіх вирішення якої залежить від співвідношення обсягів апріорної і апостеріорної інформації, що впливають на якість вирішення завдань

відповідно структурної і параметричної ідентифікації. Якщо ідентифікація лінійних об'єктів вивчена досить добре і різні її аспекти докладно висвітлені в літературі [1], то завдання побудови математичних нелінійних об'єктів вивчена значно слабкіше. Важливість вирішення цього завдання обумовлена як бурхливим розвитком засобів обчислювальної техніки, що дозволяють реалізувати складні і важкі алгоритми, так і неефективністю часто застосування лінійних моделей. Якщо в ряді випадків, наприклад,

Існуючі в даний час досить велика кількість методів опису нелінійних об'єктів вимагає значної кількості апіорної інформації як про властивості досліджуваного процесу, так і про умови його протікання. Це є необхідним для ефективного вирішення завдання структурної ідентифікації. Однак і вирішення задачі параметричної ідентифікації супроводжують значні труднощі.

Метою даної статті є розвиток нейромережевого підходу до побудови моделей нелінійних динамічних об'єктів.

Нелінійні моделі Вольтерра і Вінера. Одним з найбільш загальних уявлень нелінійного динамічного об'єкта є опис його функціональним рядом Вольтерра такого вигляду [1, 2]:

$$y(n) = g_0 + \sum_{i=1}^m g(i)u(n-i) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m g(i,j)u(n-i)u(n-j) + \dots$$

$$\dots \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \dots \sum_{q=1}^m g(i,j,\dots,q)u(n-i)u(n-j)\dots u(n-q), \quad (1)$$

де $u(n)$, $u(n)$ - відповідно вихідний і вхідний сигнал в момент часу n ;
 $g(i)$, $g(i,j)$, ..., $g(i,j,\dots,q)$ - ядра Вольтерра першого, другого, q -го порядку.

Нелінійне рівняння (1) може бути записано у вигляді рівняння псевдолінійної регресії

$$y(n) = \theta^T x(n), \quad (2)$$

де $\theta = [g_0, g(1), \dots, g(m), g(1,1), g(1,2), \dots, g(m,m), \dots, g(m,m,\dots,m)]^T$;

$x(n) = [1, u(n-1), \dots, u(n-m), u^2(n-1), u(n-1)u(n-2), \dots, u^2(n-m), \dots, u^q(n-m)]^T$ - узагальнений вектор входів.

Завдання побудови математичної моделі, що описується рівнянням Гаммерштейна, зводиться до визначення ядер $g(i), g(i,j), \dots$ або, що те ж саме, до оцінювання вектора параметрів θ і може бути вирішена стандартними методами теорії ідентифікації. Однак рішення подібної складної задачі привело до того, що замість загальної моделі (1) на практиці застосовують її окремі випадки - моделі Гаммерштейна і Вінера, що складаються з лінійної частини, що відображає динаміку (динамічні властивості)

досліджуваного процесу, і нелінійної частини, яка враховує статичні властивості. Дані відрізняються порядком проходження цих частин: в моделі Гаммерштейна нелінійна статична частина передує лінійної динамічної, в моделі Вінера навпаки вихідний сигнал динамічної частини надходить на вхід нелінійної статичної частини моделі.

Вже згадана нижче нелінійна модель Вінера описується співвідношеннями

$$\begin{aligned}
 v(n) &= \sum_{i=1}^m b(i) u(n-i), \\
 y(n) &= a_0 + a_1 \sum_{i=1}^m b(i) u(n-i) + a_2 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m b(i) b(j) u(n-i) u(n-j) + \dots \\
 &\dots a \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \dots \sum_p^m b(i) b(j) \dots b(p) u(n-i) \dots u(n-p).
 \end{aligned} \quad (3)$$

За аналогією з (2) модель Вінера може бути представлена так

$$y(n) = \theta^T x(n), \quad (4)$$

де $\theta = [g_0, g(1), \dots, g(m), \dots, g(m, m, \dots, m)]^T$; $x(n) = [1, u(n-1), \dots, u(n-m), \dots, u(n-m) \dots u(n-m)]^T$.

Тут вектор параметрів моделі Вінера виражений через вектор параметрів Гаммерштейна. Труднощі використання традиційних методів ідентифікації для побудови такої моделі полягають у необхідності апроксимації статичної нелінійності поліномом q -го ступеня, тобто в необхідності вирішення складного завдання структурної ідентифікації щодо визначення ступеня апроксимуючого полінома. У зв'язку з цим доцільним є застосування нейромережевого підходу і вирішення даного завдання.

Нейросетевая модель. Штучні нейронні мережі (ШНМ) представляють собою сучасний апарат вирішення багатьох прикладних задач, зокрема деякі типи ІНС успішно застосовуються в задачах апроксимації складних функцій [2, 3]. Будучи хорошими апроксиматорами, ці мережі дозволяють відновити з заданою точністю будь-яку як завгодно складну функцію. У цьому випадку функції, що апроксимуються представляється у вигляді нейронної мережі, яка складається, як правило, з декількох шарів, утворених деяким числом нейронів, що реалізують певним чином обрану активаційну функцію.

Застосування ІНС вимагає вирішення низки питань таких, наприклад, як вибір типу мережі та її архітектури, завдання функції активації і вибір алгоритму навчання.

Серед найбільш широко використовуваних в даний час ІНС для розв'язання задачі ідентифікації слід в першу чергу відзначити

багатошаровий персептрон і радіально базисні мережі (РБС) [2, 3]. При цьому останні часто виявляються більш зручними внаслідок можливості застосування для їх навчання ефективних і легко реалізованих алгоритмів.

В цьому випадку нейромережева модель (4) набуває вигляду

$$\hat{y}(n) = \hat{\theta}^T f[u(n)], \quad (5)$$

де $\hat{y}$ – вихідний сигнал мережі; $\hat{\theta}$ – підлягає визначенню вектор параметрів мережі; $f[\cdot]$ – Вибрати активаційна функція.

Завдання навчання мережі зводиться до визначення її параметрів $\hat{\theta}$, Що здійснюється на основі мінімізації критерію навчання

$$I(n) = e^2(n) = \left(y(n) - \hat{y}(n) \right)^2 \quad (6)$$

У РБС як активаційних зазвичай вибираються функції виду

$$\sigma_i[u] = \exp \left\{ \frac{(u - c_i)^2}{\sigma^2} \right\}, \quad (7)$$

проте, як показано в [2], в ряді випадків досить ефективними є вибір нормованих базисних функцій

$$f_i[u] = \frac{\exp \left\{ \frac{(u - c_i)^2}{\sigma^2} \right\}}{\sum_{j=1}^q \exp \left\{ \frac{(u - c_j)^2}{\sigma^2} \right\}}. \quad (8)$$

У цих виразах c_i, σ^2 – відповідно центри та радіуси базисних функцій $f[u]$.

Використання функцій виду (8) до моделі Вінера (6) призводить до узагальнено-регресійної мережевої моделі Вінера

$$\begin{aligned} v(n) &= \sum_{i=1}^m b(i)u(n-i), \\ \hat{y}(n) &= \sum_{j=1}^q \theta_j f_j[v(n)]. \end{aligned} \quad (9)$$

Навчання моделі. Так як з урахуванням (8) вираз для $\hat{y}(n)$ можна переписати так:

$$\hat{y}(n) = \sum_{j=1}^q \theta_j \frac{\exp \left\{ \frac{\left(\sum_{i=1}^m b_i u(n-i) - c_i \right)^2}{2\sigma^2} \right\}}{\sum_{j=1}^q \exp \left\{ \frac{\left(\sum_{i=1}^m b_i u(n-i) - c_i \right)^2}{2\sigma^2} \right\}}, \quad (10)$$

задача навчання мережі полягає в оцінюванні її $(q + m)$ параметрів O_j ($j = 1, 2, \dots, q$).

Найбільш простими є градієнтні алгоритми, отримані шляхом мінімізації (6) і мають вигляд

$$\hat{\theta}_i(n) = \hat{\theta}_i(n-1) - \gamma_1 e(n) \frac{\partial y(n)}{\partial \hat{\theta}_i}; \quad (11)$$

$$\hat{b}_i(n) = \hat{b}_i(n-1) - \gamma_2 e(n) \frac{\partial y(n)}{\partial \hat{b}_i}. \quad (12)$$

де γ_1, γ_2 – параметри, які обираються з умов максимальної швидкості збіжності алгоритмів.

Неважко перекоонатися, що використовуються в (11), (12) приватні похідні після перетворень приймають такий вигляд:

$$\frac{\partial y(n)}{\partial \hat{\theta}_i} = f_i \left[v(n) \right];$$

$$\frac{\partial y(n)}{\partial \hat{b}_i} = \frac{u(n-i)}{\sigma^2} \sum_{j=1}^q \hat{\theta}_j(n) f_i \left\{ \sum_{e=1}^q \left[\left(\hat{v}(n) - c_e \right) f_2 \right] - \left(\hat{v}(n) - c_j \right) \right\},$$

$$\text{де } \hat{v}(n) = \sum \hat{b}(i) u(n-i).$$

Як видно, реалізація даних алгоритмів ніяких труднощів не викликає, однак відкритим залишається питання вибору оптимальних значень параметрів γ_1 і γ_2 . Крім того, в розглянутих алгоритмах передбачається, що всі використовувані базисні функції $f_i(\cdot)$ мають однаковий радіус σ^2 .

Додаткового позитивного ефекту можна домогтися, якщо застосовуються для апроксимації базисні функції мають різні радіуси σ_i^2 , які можуть також використовуватися для настройки мережі, тобто бути її додатковими налаштованими параметрами. Однак при цьому складність реалізації істотно зростає, так як число учнів параметрів зростає на q .

В роботі запропоновано досить простий алгоритм навчання нейромережевої реалізації нелінійної моделі Вінера. Отримано співвідношення, реалізація яких є досить простий: на ефективність даного алгоритму суттєво впливає якість вибору параметрів алгоритму r_1 і r_2 , загальних рекомендацій по використанню яких не існує. Тому вибір цих параметрів, що залежить в першу чергу від обсягу наявної апріорної інформації про властивості досліджуваного процесу, повинен проводитися індивідуально в кожній конкретно розв'язуваній задачі. Крім того, точність одержуваної моделі може бути підвищена шляхом використання нейромережевої моделі, базисні функції якої мають різні радіуси.

Література:

1. Nelles O. Nonlinear system identification. Berlin, Heidelberg, New York: Springer – Verlag, 2018. 785 p.
2. Бодянский Е.В., Руденко О.Г. Искусственные нейронные сети: архитектура, обучение, применение. Харьков : ТЕЛТЕХ, 2017. 372 с.
3. Балтовський О.А. Ефективність системи інформаційного обслуговування адаптивної автоматизованої системи управління виробництвом. *Збірник наук. праць «Вісник Вінницького політехнічного інституту»*. 2014. Вип. 1. С. 80–84.

International scientific conference «Maritime security of the Baltic-Black Sea region: challenges and threats»

December 23, 2021

Izdevniecība «Baltija Publishing»
Lacplesa iela 41A, Rīga, LV-1011

Iespiests SIA «Izdevniecība «Baltija Publishing»
Parakstīts iespiešanai: 2021. 20. decembris
Tirāža 100 eks.