

УДК 004.716

Т.М. ГРИНЧИШИН

РОЗРОБКА БІСИГНАЛЬНОГО МЕТОДУ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ З ЗАХИСТОМ ВІД МУЛЬТИПЛІКАТИВНИХ ЗАВАД У ВІДКРИТОМУ ОПТИЧНОМУ КАНАЛІ

*Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», Івано-Франківська філія,
м. Івано-Франківськ, вул.Набережна 42а,
E-mail: gtarasm@rambler.ru.*

Анотація. Проаналізовано методи передавання даних та вплив мультиплікативних завад у відкритих оптичних каналах. Запропоновано та обґрунтовано бісигнальний метод передавання оптичних даних, структурну схему процесора формування оптичних сигналів та діючу макетну установку бісигнального оптичного ретранслятора.

Аннотация. Проанализировано методы передачи данных и влияние мультипликативных помех в открытых оптических каналах. Предложено и обосновано бисигнальный метод передачи оптических данных, структурная схема процессора формирования оптических сигналов и действующая макетная установка бисигнального оптического ретранслятора.

Abstract. An analysis is methods of communication of data in the opened optical ductings and influence of multiplicative hindrances. Offered and grounded bisignal's method of communication of optical data, flow diagram of processor of forming of visual signals and operating model setting of bisignal's of optical repeater.

Ключові слова: мультиплікативна завада, бісигнали, оптичний канал, оптичний ретранслятор.

ВСТУП

Розвиток та оптимізація характеристик телекомунікаційних систем на основі відкритого оптичного каналу зв'язку потребує ефективного вирішення проблеми компенсації мультиплікативних завад, які виникають внаслідок дії атмосферних явищ (туман, дощ, сніг, пил), а також порушення юстування лазерних випромінювачів та оптичних приймачів [1]. В залежності від причини виникнення або типу джерела, завади можна розділити на наступні класи: космічні, атмосферні, промислові, обумовлені особливостями поширення в каналі; навмисні (організовані); внутрішні (теплові шуми пристроїв прийому сигналів). В залежності від способу впливу на корисний сигнал розрізняють адитивні і мультиплікативні завади.

В оптичних каналах зв'язку адитивні завади не створюють суттєвого спотворення корисного сигналу в каналі зв'язку, в той же час як мультиплікативні, змінюючи коефіцієнт згасання сигналу в оптичному каналі, можуть значно спотворювати корисний сигнал.

РОЗРОБКА МЕТОДУ БІСИГНАЛЬНОЇ МАНІПУЛЯЦІЇ З ЗАХИСТОМ ВІД МУЛЬТИПЛІКАТИВНИХ ЗАВАД

Особливістю біоптичних каналів зв'язку є реалізація диференціальних принципів приймання сигналів. Для реалізації такої оптичної системи передавання даних необхідно враховувати згасання оптичних сигналів в повітряному середовищі, яке має експоненціальний характер (рис.1).

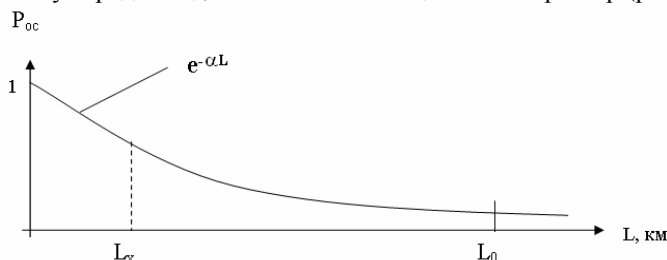


Рис.1. Характеристика згасання оптичних сигналів в повітряному середовищі: α - коефіцієнт згасання ($0 < \alpha < 1$) L_0 - базова віддаль передачі оптичного сигналу з заданою швидкістю V_0 і заданою заводозахищеністю P_0 в прозорому якісному повітряному середовищі. $L_x = L_0/3$ - базова віддаль передавання оптичного сигналу з параметрами V_0 , P_0 в умовах атмосферних завад [2]

Нехай оптичний сигнал передається двома променями з однаковим коефіцієнтом згашення (рис.2).

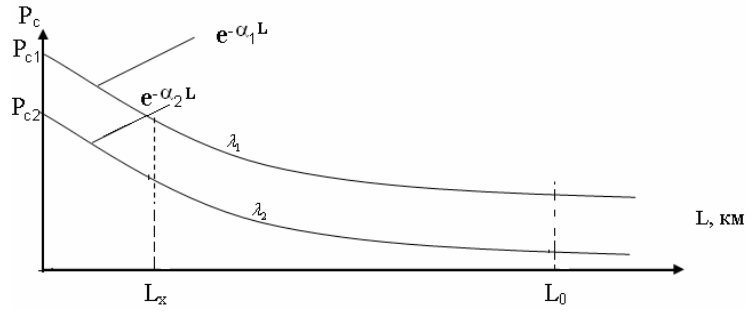


Рис.2. Характеристика згашення двох оптичних сигналів в повітряному середовищі при однаковому коефіцієнті згашення

В даному випадку, при послабленні оптичних сигналів під дією атмосферних завад та збільшенням віддалі передавання даних, два оптичні промені згашають однаково, і таким чином ускладнюються процеси компенсації впливу мультиплікативних завад.

У випадку, коли передавання оптичних даних реалізується за допомогою двох променів з різними довжинами хвиль, один з яких є опорний, а інший інформаційний, згашення променів матиме наступний вигляд (рис.3), де показано модель згашення біоптичних сигналів, які формуються двома джерелами світла з різними коефіцієнтами згашення.

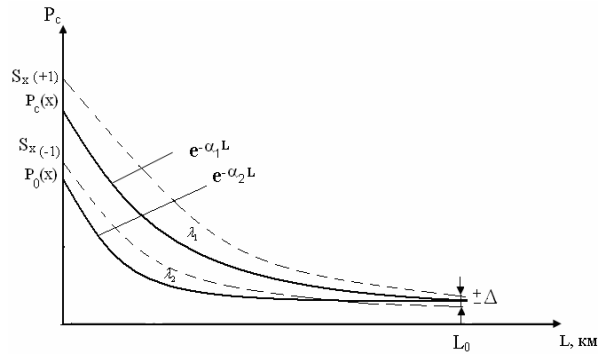


Рис.3. Характеристики згашення біоптичних сигналів в атмосфері:

$P_c(x)$ та $P_0(x)$ – потужність передавання інформаційного та опорного сигналу відповідно

В даному випадку $\alpha_c > \alpha_0$, тоді в точці $x = 0$ функція $P_c(0)$ відрізняється від $P_0(0)$ на Δ_0 , то, згідно умови збіжності функцій $P_c(L)$ і $P_0(L)$, можна записати наступні рівності:

$$P_c(0) = P_0(0) + \Delta_0(0);$$

$$P_c(L) = P_0(L) + \Delta_0(L), \Delta_0(L) \rightarrow 0. \quad (1)$$

Розглянемо аналітичні вирази $P_c(x)$ та $P_0(x)$ в точці $x = L_0$:

$$P_c(L) = P_c e^{-\alpha_c k_a L}; P_0(L) = P_0 e^{-\alpha_0 k_a L}. \quad (2)$$

Віднявши ці рівності, отримаємо:

$$P_c(L) - P_0(L) = P_c e^{-\alpha_c k_a L} - P_0 e^{-\alpha_0 k_a L}. \quad (3)$$

Оскільки в точці $x = L_0$ виконується умова $P_c(L) \rightarrow P_0(L)$, то

$$P_c e^{-\alpha_c k_a L} = P_0 e^{-\alpha_0 k_a L}, \quad (4)$$

Після логарифмування виразу (4), із застосуванням основної логарифмічної тотожності та властивостей логарифмів, матимемо:

$$\ln P_c - \alpha_c k_a L = \ln P_0 - \alpha_0 k_a L. \quad (5)$$

Використовуючи співвідношення (1) та властивість різниці логарифмів, отримаємо:

$$\ln \left(1 + \frac{\Delta_0(L)}{P_0(L)} \right) = \alpha_c k_a L - \alpha_0 k_a L. \quad (6)$$

Згідно наближення $\Delta_0(L) \rightarrow 0$ можна стверджувати, що ліва частина рівняння (6) прямує до нуля. Тому рівняння (6) набуде вигляду $\alpha_c k_a L = \alpha_0 k_a L$, звідки випливає, що в точці $x = L_0$ виконується рівність: $\alpha_c = \alpha_0$.

Вважаємо, що модулююча складова хвилі при передачі інформації враховується додаванням або відніманням в правій частині (1) модулюючого доданка Δ_c . Тоді вираз (1) трансформується:

$$P_c(L) = P_c e^{-\alpha_c k_a L} \pm \Delta_c e^{-\alpha_c k_a L}; \quad (7)$$

$$P_0(L) = P_0 e^{-\alpha_0 k_a L} - \Delta_0 e^{-\alpha_0 k_a L}. \quad (8)$$

Тоді віднявши рівняння (8) від (7), після спрощення отримаємо:

$$P_c(L) - P_0(L) = P_c (e^{-\alpha_c k_a L} - e^{-\alpha_0 k_a L}) \pm \Delta_c e^{-\alpha_c k_a L} + \Delta_0 e^{-\alpha_0 k_a L}. \quad (9)$$

Згідно умови $\alpha_c = \alpha_0$, перший доданок в правій частині отриманого рівняння прямує до нуля і оскільки $\Delta_0(L) \rightarrow 0$, то останній доданок правої частини також прямує до нуля.

Тоді матимемо:

$$P_c(L) - P_0(L) = \pm \Delta_c e^{-\alpha_c k_a L}. \quad (10)$$

В логарифмічному масштабі, згідно виразу (10), отримаємо лінійні характеристики затухання сигналів, в залежності від віддалі L_0 (рис.4).

$$P_c(L) - P_0(L) = \pm \Delta_c e^{-\alpha_c k_a L}.$$

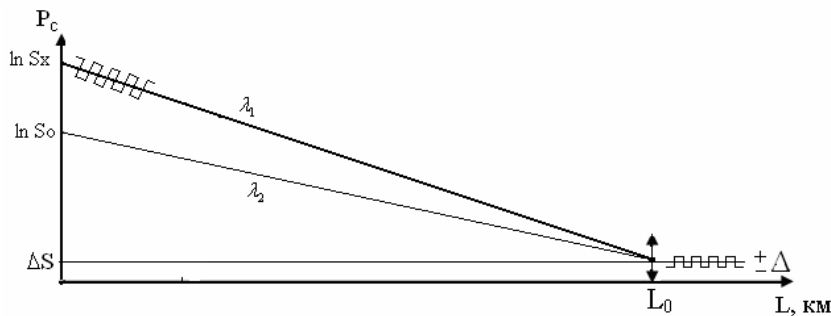


Рис.4. Характеристики затухання біоптичних сигналів в логарифмічному масштабі

В залежності від параметрів завад, які виникають внаслідок дії атмосферних явищ k_a (туман, дощ, сніг, пил), а також порушення юстування лазерних випромінювачів та оптичних приймачів, функції $P_c(L)$ і $P_0(L)$ в більшій чи меншій мірі наближаються одна до одної і можуть відрізнятися лише значенням модулюючої складової після відповідного затухання з ефективною компенсацією мультиплікативних завад.

МУЛЬТИПЛІКАТИВНІ ЗАВАДИ

Прикладом мультиплікативних завад в оптичному каналі являються непередбачені зміни коефіцієнтів передачі каналу, перерви, завмирання сигналів [3]. Мультиплікативні завади обумовлені випадковими змінами параметрів каналу зв'язку, зміною самого коефіцієнта затухання сигналу в часі. Дані завади виявляються в зміні рівня сигналу на виході демодулятора (рис.5).

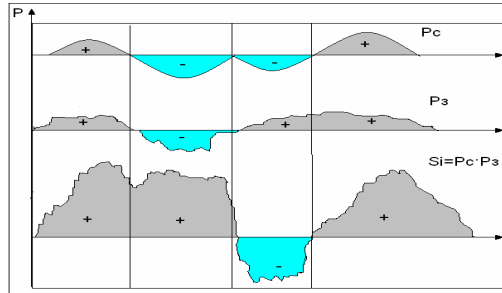


Рис.5. Представлення сигналу під впливом мультиплікативних завад

Мультиплікативну заваду вважають мінливою настільки повільно, що її значення за тривалий час без великої похибки, можна вважати постійними. Іноді може бути прийнятною модель мультиплікативної перешкоди, відповідно до якої коефіцієнт такої завади $\mu_c(t)$ приймає лише два значення: «0» і «1». Така модель відображає різкі зміни коефіцієнта передачі, що мають місце в ряді реальних каналів [4,5].

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЦЕСОРІВ ФОРМУВАННЯ БІСИГНАЛЬНОГО МЕТОДУ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ

Для реалізації бісигнальної (одночасної) передачі даних в оптичних лініях зв'язку необхідна паралельна генерація сигналів двома лазерами в різних оптичних діапазонах. Наприклад (в червоному і зеленому спектрі).

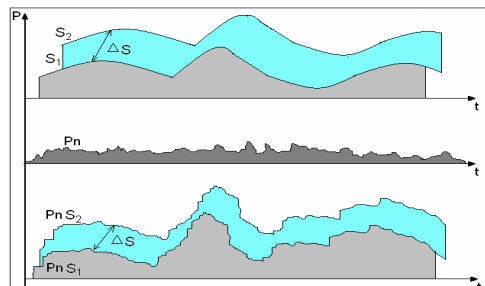


Рис.6. Представлення бісигналу S_1 та S_2 під впливом мультиплікативних завад

Де P_n – потужність завад, ΔS – стала різниця між сигналами S_1 та S_2 , $\Delta S = \text{const}$.

Результуючий сигнал можна виразити :

$$\Delta S = S_1 \cdot P_n - S_2 \cdot P_n = (S_1 - S_2) \cdot P_n.$$

Завдяки, тому що величина між різницею сигналів під впливом мультиплікативних завад буде завжди сталою (оскільки завади впливають в однаковій мірі відразу на два оптичні канали) можна отримувати стабільний результуючий корисний сигнал, фактично без спотворення інформаційних бітів даних [6,7]. В результаті можна побудувати диференційний приймач/передавач, структура якого показана на рис.8.

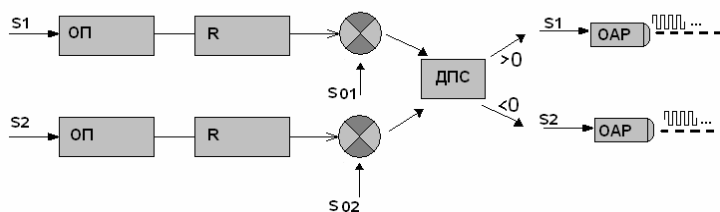


Рис.7. Структура диференційного приймача/передавача оптичних сигналів на основі диференційно-порогової схеми

Де ОП – Операційний підсилювач, S_1 – сигнальний код каналу зв'язку, R – Рандомізатор, S_2 – сигнальний код передавання «1» в каналах зв'язку, \otimes - Цифровий корелятор, S_{01} , S_{02} – сигнальні коди бітів Галуа, ДПС – диференційно-порогова схема, ОАР – оптичні активні ретранслятори.

Диференційний приймач може бути реалізований у вигляді спецпроцесора формування та цифрової обробки оптичного сигналу [6].

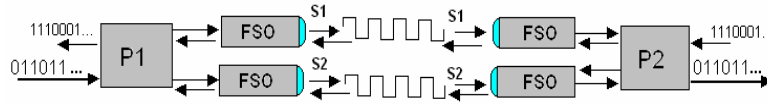


Рис.8. Структура двостороннього оптичного каналу зв'язку, на основі процесорів формування бісигнальних оптичних сигналів

Де P1, P2 – процесори формування оптичних сигналів, FSO – оптичні активні ретранслятори.

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСОРА ФОРМУВАННЯ ОПТИЧНИХ СИГНАЛІВ

Процесор формування оптичних сигналів, який реалізує алгоритм передавання даних складається з таких структурних блоків: вхідні та вихідні буфери, рандомізатори, цифрові корелятори, диференційно-порогова схема та пристрій керування (рис.9).

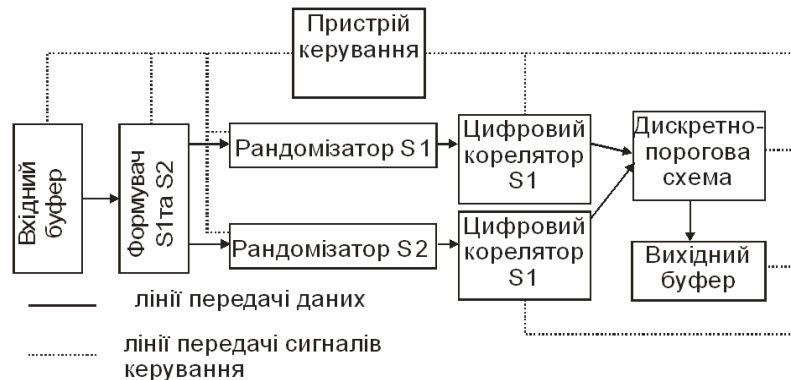


Рис.9. Структурна схема процесора формування оптичних сигналів

Робота спецпроцесора виконується таким чином: при надходженні нових даних у вхідний буфер пристрій керування встановлює флаг про надходження даних для передачі. Формувач S_1 та S_2 призначений для розкладу вхідної бінарної послідовності в S_1 при «1» та S_2 при «0», починає роботу при появі флага про надходження даних для передачі і передає дані в поточному режимі, а після закінчення роботи скидає даний флаг. Блок рандомізаторів працює в двох режимах: режим повторення і режим рандомізації. В режимі повторення дані послідовностей S_1 та S_2 без перетворень проходять на вихід рандомізаторів, а в режимі рандомізації над ними виконуються функції рандомізації. Рішення про режим роботи рандомізаторів встановлюється пристроєм керування.

В цифрових кореляторах виконується хешування сигналів і передавання їх відповідними моделями шумоподібних сигналів (ШПС). При інтенсивному рівні завад доцільно використовувати додаткову маніпуляцію бітів даних ШПС сигналами [7,8].

Після проходження дискретно-порогової схеми сигнали надходять у вихідний буфер, з якого поступають на оптичні модулятори.

Дослідна установка пристрою розроблена згідно структурної схеми, що показана на рис.10.

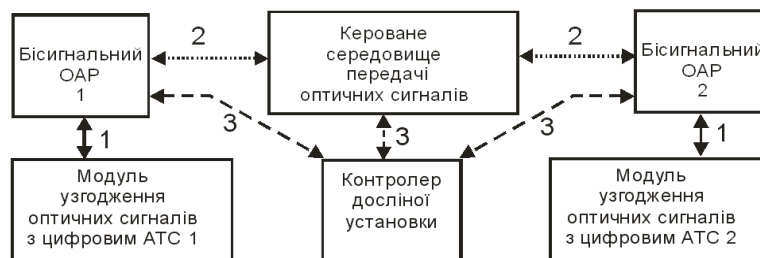


Рис.10. Структурна схема дослідної установки для передавання оптичних даних

Де 1 – інтерфейс між оптичними ретрансляторами та цифровою АТС; 2 – оптичне бісигнальне представлення даних; 3 – дані телеметрії та управління дослідження.

Запропонована структурна схема дослідної установки дозволяє провести дослідження бісигнальних відкритих оптичних каналів зв'язку при різних атмосферних факторах в лабораторних умовах. Зовнішній вигляд діючої лабораторної установки представлено на рис.11.

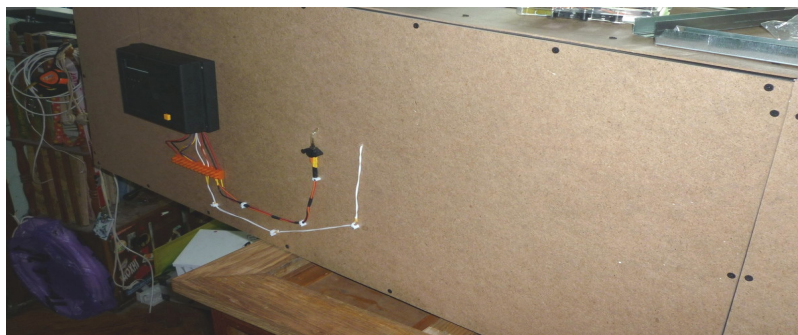


Рис.11. Експериментальна установка

Зона передавання оптичних бісигналів є ізольованою від навколишнього середовища, завдяки особливості побудови установки, яка забезпечує квазіадіабатний процес (ефект термоса), таким чином, що дозволяє змінювати прозорість та температуру внутрішнього середовища установки. Управління та імітація таких атмосферних явищ, як туман та сніг, реалізується контролером дослідної установки та генераторами туману і снігу. Інтенсивність та тип атмосферного явища регулюється програмним способом на контролері. Контролером установки також виконується збір даних телеметрії: температура, тиск, прозорість, рівень освітленості.

Формування, передавання та приймання даних здійснюється бісигнальними оптичними активними ретрансляторами (ОАР) (рис.12).

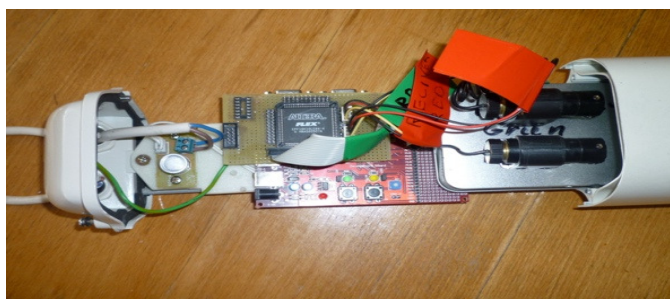


Рис.12. Діюча макетна установка бісигнального ОАР

Розроблена структура приймача оптичних сигналів з можливістю приймання сигналів на основі різних видів маніпуляції дозволяє реалізувати передавання оптичного сигналу з використанням сигнального кодування, що в свою чергу значно збільшує відстань передавання оптичних даних.

ВИСНОВКИ

В даній статті досліджено характеристики впливу адитивних та мультиплікативних завад на оптичний канал зв'язку. Проаналізовано та обгрунтовано методику бісигнальної передачі даних в оптичному каналі. Запропоновано структуру спецпроцесорів формування та оброблення цифрових оптичних сигналів, на основі диференційного приймача/передавача. Реалізація даної структури в оптичних каналах значно підвищує ефективність передавання даних, та зменшує вплив завад у каналі зв'язку. Викладені теоретичні основи біотичних сигналів в однорідному атмосферному середовищі дозволяють встановити можливість компенсації мультиплікативних завад викликаних атмосферними явищами та точністю юстування інформаційних сигналів. Вирішення такої задачі дозволяє застосовувати на рівні оптичних сигналів диференціальні приймачі, що значно підвищує швидкість та дальність передачі інформації при допустимих ймовірностей помилок в комп'ютерних мережах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Котельников В.А. Теория потенциальной помехоустойчивости. – М.:Госэнергоиздат, 1996. – 156 с.
2. Миддлтон Д. Введение в статистическую теорию связи: Пер. с англ. Под ред. Б.Р. Левина. – М.:Советское радио, 1991, т. 2. – 260 с.

3. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. – М.: Госэнергоиздат, 1999. – 728 с.
4. Зюко А.Г. Помехоустойчивость и эффективность систем связи.– М.:Связьиздат, 1993. – 360 с.
5. Т.М. Grynchyshyn. Methods of digital processing of optical signals based on the randomization procedure. Materials of 8-th science conference CADSM 2005. Lviv. Slavske 2005/ pp 140-143.
6. Т.М. Grynchyshyn. Methods of manipulation of signals in optical channels of communication. Materials of science conference TCSET'2004 Lviv. Slavske 2004/ pp 363-366.
7. Т.М. Гринчишин, Я.М. Николайчук. Розробка диференціальних та бісигнальних методів маніпуляції оптичних сигналів в відкритих лініях зв'язку. «Вісник технологічного університету Поділля» 2”2004., м. Хмельницький 2004 р. т.1 ч.3 ст. 121-124.
8. Николайчук Я.М. Теория джерел інформації / Я.М. Николайчук.– Тернопіль:ТНЕУ,2008.-536 с.
9. Харкевич А.А.,. Передача информации / Теория информации и ее приложения. / Харкевич А.А , Хартли Р // Ред.– М.: Физматгиз, 1989.
10. Буров С. Комп'ютерні мережі. – Львів: Бак, 1999. – 468 с., іл.

Надійшла до редакції 18.01.2012р.

ГРИНЧИШИН ТАРАС МИХАЙЛОВИЧ – к.т.н., доцент кафедри інформаційних технологій та програмування, Відкритий міжнародний університет розвитку людини „Україна”, Івано-Франківська філія, Івано-Франківськ, Україна.