

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DECISION MAKING

УДК 621.397

DOI: 10.18413/2518-1092-2021-6-4-0-6

Урсол Д.В.¹
Черноморец А.А.²
Болгова Е.В.²
Черноморец Д.А.²

**СТРУКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ
ТЕХНОЛОГИИ СУБИНТЕРВАЛЬНОГО СКРЫТНОГО
ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В ИЗОБРАЖЕНИЯ**

¹⁾ ООО «Промышленные электронные системы», ул. Михайловское шоссе 121а, г. Белгород, 308000, Россия

²⁾ Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
ул. Победы д. 85, г. Белгород, 308015, Россия

e-mail: ursoldenis@mail.ru, chernomorets@bsu.edu.ru, bolgova_e@bsu.edu.ru, daria013ch@yandex.ru

Аннотация

Работа посвящена решению задачи повышения уровня скрытности внедрения данных в изображения на основе применения подходов искусственного интеллекта. Предложенная в работе структура интеллектуальной технологии адаптивного субинтервального скрытного внедрения информации в изображения на основе анализа частотных субинтервальных свойств изображений позволяет оценивать и изменять значения параметров метода субинтервального скрытного внедрения с позиций достижения высоких показателей скрытности внедряемой информации.

Ключевые слова: скрытное внедрение; изображение-контейнер; субинтервальные матрицы; собственные векторы; скрытность внедрения; интеллектуальная технология.

Для цитирования: Урсол Д.В., Черноморец А.А., Болгова Е.В., Черноморец Д.А. Структура интеллектуальной информационной технологии субинтервального скрытного внедрения информации в изображения // Научный результат. Информационные технологии. – Т.6, №4, 2021. – С. 41-47. DOI: 10.18413/2518-1092-2021-6-4-0-6

Ursol D.V.¹
Chernomorets A.A.²
Bolgova E.V.²
Chernomorets D.A.²

**THE STRUCTURE OF INTELLECTUAL INFORMATION
TECHNOLOGY OF SUBINTERVAL HIDDEN EMBEDDING
INFORMATION INTO IMAGES**

¹⁾ Industrial Electronic Systems LLC, 121a Mikhailovskoe shosse, Belgorod, 308000, Russia

²⁾ Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

e-mail: ursoldenis@mail.ru, chernomorets@bsu.edu.ru, bolgova_e@bsu.edu.ru, daria013ch@yandex.ru

Abstract

The work is devoted to solving the problem of increasing the level of secrecy of data embedding into images based on the use of artificial intelligence approaches. The proposed structure of intelligent technology for adaptive subinterval hidden embedding of information into images based on the analysis of frequency subinterval properties of images makes it possible to evaluate and change the values of the parameters of the subinterval hidden embedding method from the standpoint of achieving high levels of the embedded information secrecy.

Keywords: hidden embedding; container image; subinterval matrices; eigenvectors; secrecy of data embedding; intelligent technology.

For citation: Ursol D.V., Chernomorets A.A., Bolgova E.V., Chernomorets D.A. The structure of intellectual information technology of subinterval hidden embedding information into images //

Research result. Information technologies. – Т.6, №4, 2021. – Р. 41-47. DOI: 10.18413/2518-1092-2021-6-4-0-6

Скрытное внедрение данных в изображения [1-5] в настоящее время широко применяется в области защиты авторских прав на цифровые изображения. Для снижения уровня возможных искажений изображения-контейнера (повышение уровня скрытности внедрения данных) целесообразно, совместно с учетом опыта специалистов по скрытному внедрению, применять подходы, основанные на искусственном интеллекте [6-10].

В работе предложена структура интеллектуальной информационной технологии, позволяющая повысить скрытность и устойчивость результатов внедрения данных, полученных при применении метода адаптивного субинтервального скрытного внедрения информации в изображения [11-13] на основе анализа частотных субинтервальных свойств изображений.

В разработанной структуре интеллектуальной технологии адаптивного субинтервального скрытного внедрения информации в изображения на основе анализа частотных субинтервальных свойств изображений присутствуют как блоки обработки изображений, так и блоки обработки знаний (интеллектуальный преобразователь), которые реализует интеллектуальная технология: база знаний, блок принятия решений о значениях параметров внедрения. Применение интеллектуальных технологий обеспечивает успешное решение задач при априорной неполноте и нечеткости исходных данных, вариабельности и неточности характеристик исследуемого объекта.

Особенностью разработанной структуры интеллектуальной технологии адаптивного субинтервального скрытного внедрения информации в изображения является применение указанных элементов интеллектуальных технологий.

На рисунке приведена структурная схема интеллектуальной технологии адаптивного субинтервального скрытного внедрения информации в изображения, в которой в укрупненном виде представлено функционирование системы.

Основными составляющими разрабатываемой интеллектуальной технологии адаптивного субинтервального скрытного внедрения информации в изображения являются следующие блоки.

В блоке формирования исходных данных выполняются следующие действия:

1. Задание внедряемых данных, осуществление их преобразования в двоичное представление.
2. Задание изображения-контейнера, определение его размерности.

В данной работе рассматривается 3 цели применения разрабатываемой технологии скрытного внедрения:

1. Достижение высокого уровня скрытности при последующем восстановлении внедренных данных без искажений.
2. Достижение значительных объемов скрытно внедряемых данных при последующем восстановлении внедренных данных без искажений.
3. Достижение высокого уровня устойчивости скрытного внедренных данных к внешним разрушающим воздействиям в виде аддитивного шума.

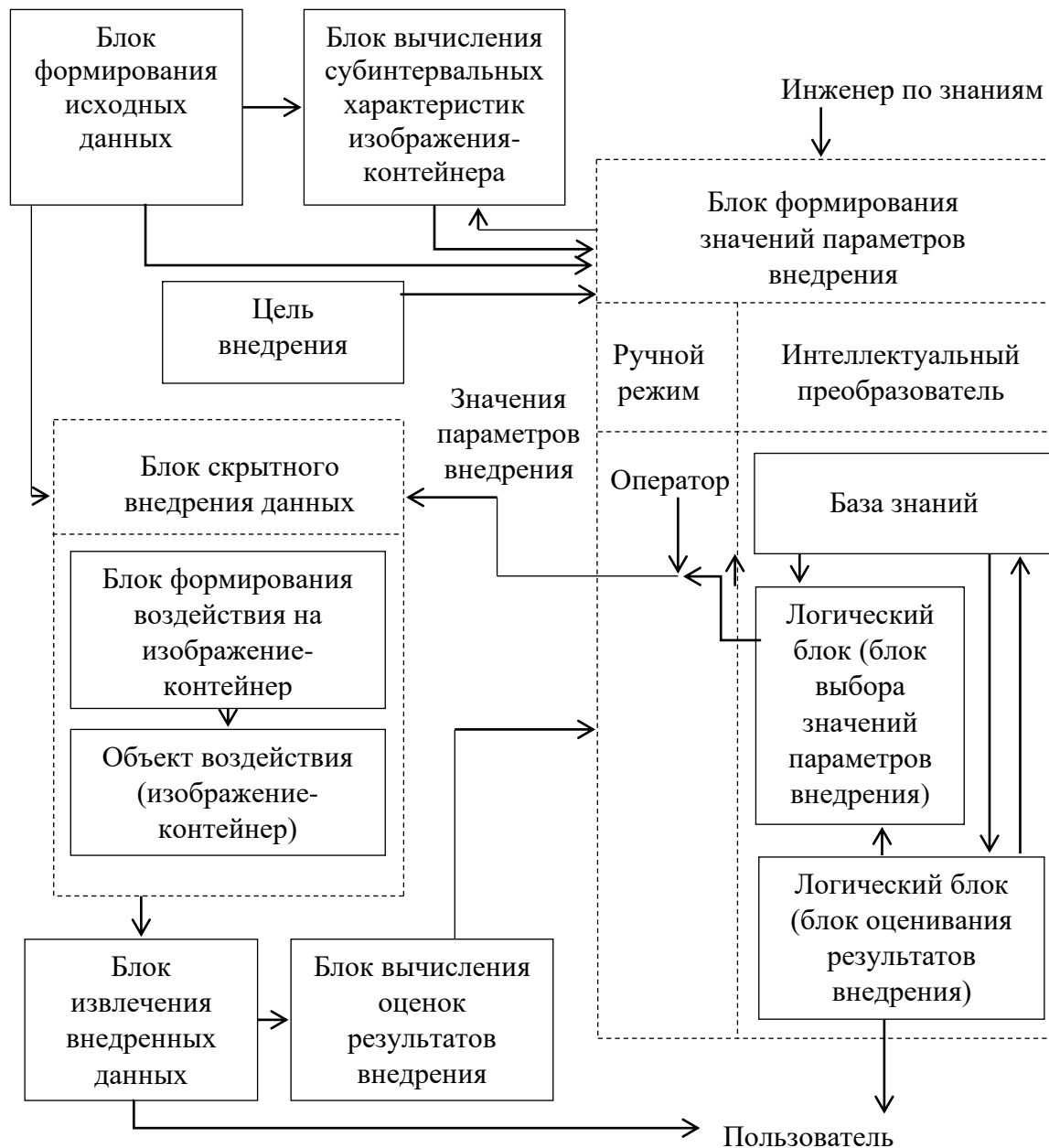


Рис. Структура интеллектуальной технологии адаптивного субинтервального скрытного внедрения информации в изображения

Fig. The structure of the intelligent technology of adaptive subinterval hidden embedding of information into images

В блоке вычисления субинтервальных характеристик изображения-контейнера выполняются следующие действия:

1. Вычисление субинтервальных матриц, соответствующих различным подобластям пространственных частот.
2. Вычисление долей энергии изображения-контейнера в различных подобластях пространственных частот.
3. Вычисление собственных векторов и собственных чисел субинтервальных матриц.
4. Вычисление множеств проекций изображения-контейнера на собственные векторы субинтервальных матриц.

В блоке извлечения внедренных данных выполняются следующие действия:

1. На основании данных о примененных для скрытного внедрения субинтервальных матрицах и их собственных векторах вычисляются соответствующие проекции изображения-контейнера, содержащего внедренные данные.

2. На основании сравнения значений соответствующих проекций формируются значения извлеченных (восстановленных) данных в двоичном виде.

3. Осуществляется преобразование извлеченных данных из двоичного вида в вид, соответствующий исходным внедряемым данным.

В блоке вычисления оценок результатов внедрения осуществляется вычисление значений мер, характеризующих скрытность внедрения и устойчивость внедренных данных к внешним разрушающим воздействиям.

Основными блоками структуры разрабатываемой технологии являются блок формирования значений параметров внедрения, а также блок скрытного внедрения данных.

В блоке формирования значений параметров внедрения предусмотрено 2 варианта задания значений параметров: на основании ручного режима и на основании применения интеллектуального преобразователя.

В ручном режиме оператор принимает решение о значениях параметров внедрения для достижения поставленной цели внедрения.

В интеллектуальный преобразователь входят база знаний, логический блок (блок выбора значений параметров внедрения) и логический блок (блок оценивания результатов внедрения).

Включение интеллектуального преобразователя в структуру разрабатываемой технологии скрытного внедрения предполагает привлечение инженера по знаниям для контроля за его функционированием.

База знаний включает в себя рабочую память, механизм вывода и базу правил скрытного субинтервального внедрения данных. Первоначально в рабочей памяти размещаются следующие исходные факты: требования по скрытности внедрения, требования по объему внедряемых данных, требования по устойчивости результатов внедрения, «визуальные» свойства и размерность изображения, объем внедряемых данных, оценки результатов внедрения и др. Механизм вывода базы знаний основан на прямом выводе и определяет выбор продукции в порядке их размещения в базе правил. База правил скрытного субинтервального внедрения данных в изображения содержит продукции, сгруппированные по этапам принятия решений: выбор размерности изображения-контейнера; выбор изображения-контейнера; выбор количества частотных интервалов; выбор количества подмножеств проекций; выбор пороговых значений; выбор значения коэффициента внедрения и др.

В логическом блоке (блок выбора значений параметров внедрения) осуществляется принятие решения о значениях параметров внедрения на основании разработанных решающих правил:

1. Решающее правило адаптивного выбора рекомендуемых для осуществления скрытного внедрения неинформационных подмножеств проекций изображений в двумерном базисе собственных векторов субинтервальных матриц и соответствующих компонент изображений, в котором используются знания, полученные в результате исследования субинтервальных свойств изображений-контейнеров, для определения величины уровня значимости, на основании которого осуществляется адаптивный выбор неинформационных подмножеств соответствующих проекций и компонент изображения, которым соответствует несущественная информация об изображении.

2. Решающее правило адаптивного выбора интервала пространственных частот, который рекомендуется для внедрения информации в его неинформационные подмножества проекций, которое основано на учете результатов анализа так называемой сосредоточенности значений проекций заданного изображения-контейнера в различных частотных интервалах.

3. Решающее правило адаптивного выбора порогового значения, применяемого при реализации операции относительной замены соответствующих проекций изображения, которое основано на применении знаний, полученных в результате анализа частотных субинтервальных свойств изображения-контейнера, а также учета требований, формулируемых при постановке

конкретной задачи скрытного внедрения, по степени скрытности, достижимых объемов внедренной информации и устойчивости к разрушающим внешним воздействиям.

В логическом блоке (блоке оценивания результатов внедрения) осуществляется принятие решения о степени достижения целей решения задачи скрытного внедрения на основании полученных оценок результатов внедрения. В случае достижения цели скрытного внедрения полученные результаты передаются пользователю, в противном случае – результаты оценивания передаются в логический блок выбора значений параметров внедрения.

В блоке скрытного внедрения данных выполняются следующие действия на основании значений параметров внедрения, сформированных в блоке формирования значений параметров внедрения:

1. Объектом воздействия в разрабатываемой технологии является заданное изображение-контейнер, в которое осуществляется скрытное внедрение заданных данных на основании действий, подготавливаемых в блоке формирования воздействия на изображение-контейнер.

2. В блоке формирования воздействия на изображение-контейнер выполняются следующие действия:

- вычисление неинформационных подмножествах проекций изображения-контейнера на собственные векторы заданных субинтервальных матриц;

- для внедрения в изображение-контейнер бинарных значений внедряемой информации задаются соответствующие пары проекций изображения-контейнера на собственные векторы заданных субинтервальных матриц и выполняется относительное изменение значений заданных пар проекций изображения-контейнера в соответствии с разработанными условиями внедрения нулевого и единичного значения внедряемых данных.

Таким образом, предложенная структура является основой для создания интеллектуальной технологии адаптивного субинтервального скрытного внедрения информации в изображения на основе анализа частотных субинтервальных свойств изображений, а также позволит достигнуть высоких показателей скрытности внедряемой информации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00657.

Список литературы

1. Аграновский А.В. Стеганография, цифровые водяные знаки и стеганоанализ / А.В. Аграновский. – М.: Вузовская книга, 2009. – 220 с.: ил.
2. Грибунин В.Г. Цифровая стеганография / В.Г. Грибунин, И.Н. Оков, И.В. Туринцев. – М.: Солон-пресс, 2016. – 262 с.
3. Конахович Г.Ф. Компьютерная стеганография. Теория и практика / Г.Ф. Конахович., А.Ю. Пузыренко. – Киев: «МК–Пресс», 2006. – 288 с.
4. Cox I.J. Digital watermarking and steganography / I.J. Cox., M. Miller, J. Bloom., J. Fridrich, T. Kalker. – Morgan Kaufmann, 2007. – 593 p.
5. Hartung F. Multimedia. Watermarking Techniques / F. Hartung., M. Kutter // Proceedings IEEE, Special Issue on Identification and Protection of Multimedia Information. – 1999. – 87(7). – Pp. 1079-1107.
6. Zhang J. Protecting Intellectual Property of Deep Neural Networks with Watermarking / J. Zhang, Zh. Gu, J. Jang, H. Wu, M. Ph. Stoecklin, H. Huang, I. Molloy // Proceedings of ASIA CCS '18 ACM Asia Conference on Computer and Communications Security. – Incheon, Republic of Korea. – June 04 – 08, 2018. – P. 159-172.
7. Deeba F. Digital Watermarking Using Deep Neural Network. F. Deeba, Sh. Kun, F.A. Dharejo, H. Langah, H. Memon // International Journal of Machine Learning and Computing. – 2020. – Vol. 10. – No 2. – DOI: 10.18178/ijmlc.2020.10.2.932.
8. Zhang J.L., Gu Z.S. et al. Protecting intellectual property of deep neural networks with watermarking. – 2018. URL: https://gzs715.github.io/pubs/WATERMARK_ASIACCS18.pdf.
9. Корнеев, В.В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации / В.В. Корнеев, А.Ф. Гарев, С.В. Васютин, В.В. Райх. – М.: "Нолидж", 2003. – 400 с.
10. Рассел С. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1408 с.

11. Черноморец А.А. Об интеллектуальной информационной технологии скрытного внедрения данных в изображения / А.А. Черноморец, Е.В. Болгова, А.Н. Коваленко, Д.В. Урсол // Сборник материалов VIII Международной научно-технической конференции «Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП-2020)». Белгород, 2020. – С. 309-312.

12. Черноморец А.А. О скрытном внедрении данных в видеопоток на основе трехмерного субполосного анализа / А.А. Черноморец, Е.В. Болгова, Д.А. Черноморец // Научный результат. Информационные технологии. – 2021. – Т. 6. – № 2. – С. 47-51. DOI: 10.18413/2518-1092-2021-6-2-0-7

13. Черноморец А.А. Об устойчивости субполосного скрытного внедрения данных в изображения на основе субполосных матриц косинус-преобразования / А.А. Черноморец, Е.В. Болгова, Д.В. Урсол, В.А. Голощапова // Экономика. Информатика. 2021. – Т. 48. – № 3. – С. 610-620. DOI 10.52575/2687-0932-2021-48-3-610-620.

References

1. Agranovskiy A.V. Steganography, digital watermarks and steganoanalysis / A.V. Agranovskiy. – M.: Vuzovskaya kniga, 2009. – 220 p.

2. Gribunin V.G. Digital steganography / V.G. Gribunin, I.N. Okov, I.V. Turintsev. – M.: Solon-press, 2016. – 262 p.

3. Konakhovich G.F. Computer steganography. Theory and practice / G.F. Konakhovich, A.Yu. Puzyrenko. – Kiev: «МК–Press», 2006. – 288 p.

4. Cox I.J. Digital watermarking and steganography / I.J. Cox., M. Miller, J. Bloom., J. Fridrich, T. Kalker. – Morgan Kaufmann, 2007. – 593 p.

5. Hartung F. Multimedia. Watermarking Techniques / F. Hartung., M. Kutter // Proceedings IEEE, Special Issue on Identification and Protection of Multimedia Information. – 1999. – 87(7). – Pp. 1079-1107.

6. Zhang J. Protecting Intellectual Property of Deep Neural Networks with Watermarking / J. Zhang, Zh. Gu, J. Jang, H. Wu, M. Ph. Stoecklin, H. Huang, I. Molloy // Proceedings of ASIA CCS '18 ACM Asia Conference on Computer and Communications Security. – Incheon, Republic of Korea. – June 04 – 08, 2018. – P. 159-172.

7. Deeba F. Digital Watermarking Using Deep Neural Network. F. Deeba, Sh. Kun, F.A. Dharejo, H. Langah, H. Memon // International Journal of Machine Learning and Computing. – 2020. – Vol. 10. – No 2. – DOI: 10.18178/ijmlc.2020.10.2.932.

8. Zhang J.L., Gu Z.S. et al. Protecting intellectual property of deep neural networks with watermarking. – 2018. URL: https://gzs715.github.io/pubs/WATERMARK_ASIACCS18.pdf.

9. Korneev, V.V. Databases. Intellectual processing of information / V.V. Korneev, A.F. Garev, S.V. Vasyutin, V.V. Reich. – M.: "Nolidzh", 2003. – 400 p.

10. Russell S. Artificial intelligence: a modern approach / S. Russell, P. Norvig. – M.: Williams Publishing House, 2006. – 1408 p.

11. Chernomorets A.A. On intelligent information technology for data hidden embedding in images / A.A. Chernomorets, E.V. Bolgova, A.N. Kovalenko, D.V. Ursol // VIII International Scientific and Technical Conference «Information Technologies in Science, Education and Production» (ITSEP-2020). Belgorod, 2020. – P. 309-312.

12. Chernomorets A.A. On hidden data embedding into the video stream based on three-dimensional subband analysis / A.A. Chernomorets, E.V. Bolgova, D.A. Chernomorets // Research result. Information technologies. – Т.6 – No 2. – 2021. – P. 47-55. DOI: 10.18413/2518-1092-2021-6-2-0-7

13. Chernomorets A.A. On the stability of subband hidden embedding data into images based on cosine transform subband matrices / A.A. Chernomorets, E.V. Bolgova, D.V. Ursol, V.A. Goloschapova // Economics. Information technologies. 2021. – Т. 48. – No 3. – P. 610–620. (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2021-48-3-610-620.

Урсол Денис Владимирович, кандидат технических наук, инженер-программист

Черноморец Андрей Алексеевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры прикладной информатики и информационных технологий

Болгова Евгения Витальевна, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных технологий

Черноморец Дарья Андреевна, аспирант кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий

Ursol Denis Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Software Engineer

Chernomorets Andrey Alekseevich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Applied Informatics and Information Technologies

Bolgova Evgeniya Vitalievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Informatics and Information Technologies

Chernomorets Darya Andreevna, postgraduate student of the Department of Information and Telecommunications Systems and Technologies