

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

УДК 004.5:004.6:004.89:007.51:528.933

В.В. ПРИХОДНЮК, О.Є. СТРИЖАК, О.Г. ЛЕБІДЬ

ОНТОЛОГІЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ СИСТЕМ

***Анотація.** Розглядаються умови формування онтологічних моделей на основі утворення з концептів предметної області класів термінополів. Введено та визначено функціональні властивості онтологічних перетворень. Формулюється та доводиться твердження щодо властивості двоїстості таких перетворень. Визначається поняття натуральної системи, як відображення функціональності онтології предметної області.*

У даній роботі описується технологія безперервної трансформації слабо структурованих масивів табличного виду в онтологічну систему, яка спроможна перетворюватися у відповідне ГІС-середовище. Наведено приклад таких перетворень для ArcGIS. Надано опис ІТ-ТОДС, засобами якого реалізуються онтологічні перетворення різних інформаційних моделей.

***Ключові слова:** онтологія, натуральна система, таксономія, двоїстість, бінарне відношення, упорядкованість, властивість.*

Вступ

Вирішення складних прикладних задач, що мають певну практичну значимість, багато в чому залежить від об'єктивності та достовірності інформації, яка використовується протягом всього процесу їх розв'язання. При цьому необхідно враховувати, що об'єкти (концепти), функціональні властивості яких визначають умови та етапи розв'язання більшості прикладних задач, можуть належати до різних за тематикою предметних областей (ПрО). Практично завжди у фахівця, який вирішує задачу, виникає необхідність в інтеграції інформації, яка використовується, і даних, які її характеризують, на основі тематичних властивостей інформаційних одиниць, що визначають обрану стратегію розв'язування.

Розв'язання цих проблем лежить у напрямках, пов'язаних зі створенням та використанням різноманітних засобів обробки інформації, як пасивної системи мережових знань, які здатні обробляти розподілені, політематичні, великі масиви даних і тим самим надавати певну допомогу фахівцю у функціональному забезпеченні, виборі та прийнятті конкретного рішення за заданою проблематикою.

З іншого боку, існуючі просторово розподілені масиви інформації потребують системних рішень стосовно найбільш природного для людини подання їх атрибутки, яке забезпечується за допомогою ГІС-технологій [1].

Таким чином, перспективним напрямком конструктивного забезпечення процесів вирішення широких класів практичних задач є розвиток процесів трансдисциплінарної інтеграції інформаційних ресурсів, як певного типу функціональної взаємодії інформаційних систем [2–4].

Умови онтологічних перетворень

Діяльність експертів у корпоративному інформаційному середовищі може бути представлена у вигляді системи – $S = \{\text{дія} \rightarrow \text{результати}\}$. Вказаний тип системи у літературі [5] визначається як натуральний – SN . Будь-яка натуральна система може бути представлена за умови існування непустої множини можливих наборів дій – F [6–8]. Множину F далі будемо розглядати в якості кінцевої множини функцій інтерпретації, яка задана на певній предметній області (ПрО). Предметну область безпосередньо складають певні концепти та їх властивості.

Концепти складають множину $X = \{X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n\}$, а множина властивостей R утворюється множиною декартових добутків множини X самої на себе – $R = \prod_i^n X_i$.

Множина дій F може бути утворена декартовим добутком множин X і R – $F = X \times R$.

На основі наведеного справедливим є наступне твердження.

Твердження 1. Завжди можна знайти певний набір дій $F_k \subset F$, таких, що завжди існує хоча б одне непусте $f^i \in F_k$, таке, що існує також набір концептів X_j , для яких $f^i(x_1, x_2, \dots, x_n) \in F_k$. Тобто для елементів множини концептів X завжди знайдеться відповідний непустий набір дій з множини F .

Згідно з [5] такі множини можуть бути або замкнуті, або відкриті. Надалі ми будемо розглядати відкриті множини дій, тому що для кожної множини властивостей R у натуральній системі можливе визначення більш нового концепту x_{n+1} для множини X , такого, що існує додаткова властивість r' , яка забезпечує виконання правила $f^i(x_1, \dots, x_n, x_{n+1}) \in F_k$. Такий набір дій ми будемо згідно з роботами [3, 5] визначати як узгоджений.

Зазначимо, що якщо всі непусті декартові добутки множин X і R утворюють певну підмножину дій – $F_t \subset F$, які можуть бути представлені у вигляді певних тверджень, то на множині дій F можливо задати певну множину висловлювань, яка також утворює натуральну систему. Конструктивним у визначенні натуральної системи є той факт, що усі наведені множини утворюють певну онтологію O [3–10], яка в загальному

випадку для деякої ПрО може бути формально представлена впорядкованою трійкою:

$$O = \langle X, R, F \rangle, \quad (1)$$

де X – кінцева множина концептів (понять) заданої ПрО;

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n\}, i = \overline{1, n}, n = \text{Card}(X);$$

$$R = \{R_1, R_2, \dots, R_k, \dots, R_m\}, R \subseteq X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n, k = \overline{1, m}, m = \text{Card}(R) -$$

кінцева множина семантично значущих відношень між концептами ПрО. Вони визначають тип взаємодії між поняттями. У загальному випадку, відношення поділяють на загальнозначущі (з яких виділяють, як правило, відношення часткового порядку) і конкретні відношення заданої ПрО;

$F : X \times R$ – кінцева множина функцій інтерпретації, заданих на концептах і/або відношеннях. Окремим випадком визначення множини функцій інтерпретації F є глосарій, складений для множини понять X . Визначення поняття X_i , в загальному випадку, включає підмножина понять $\{X_{i-1}\}$, через які визначаються X_i , відношення, що зв'язує X_i з $\{X_{i-1}\}$, і множина атрибутів (ознак), властивих X_i .

Тобто, будь-яка онтологія O , як певна модель представлення концептуальних знань про предметну область, включає в себе множину термінів-концептів, максимально повну множину концептуальних відношень між ними, множину функцій інтерпретації, які породжуються на основі заданих аксіом та регулюються певними наборами визначень та обмежень за тематикою ПрО. Слід звернути увагу на той факт, що множина F для онтології O , певної ПрО, розглядається в якості кінцевої множини функцій інтерпретації – правил, заданих над об'єктами X , які можуть бути представлені конкретними термінополями [3, 11], де під термінополем розуміють множину взаємопов'язаних дефініцій термінів, що визначають імена концептів ПрО. Таким чином, на основі концептів онтологічних моделей ПрО можна формулювати множини тверджень, деякі з котрих можуть бути представлені у вигляді конкретних дій.

На основі цього факту можливе формулювання наступного модального твердження: необхідною умовою визначення онтології як натуральної системи є умова можливого включення до кожної складової множини семантично значущих концептів, їх властивостей та предметних інтерпретацій. Під семантичною значимістю будемо розуміти наступне: відповідний елемент є семантично значущим, якщо його можна включити в конструкцію певного істинного твердження. Конструкція певного твердження включає як мінімум наступні компоненти: **концепт**; його **властивості**, які можуть бути використані для формування певної послідовності дій; **висловлювання**, істинність чи хибність яких визначає умови застосування відповідних дій.

На підставі введених понять натуральної системи і термінополя можна зробити висновок, що кожне термінополе може бути представлено певною множиною таксономій [3, 11].

Термінополе конструктивно візуалізується у вигляді пірамідальної мережі [12], де вершинам приписані певні предметні терміни та деякі вершини з'єднані стрілками. При цьому безпосередньо термінополе утворюється вершинами-термінами, кожне з яких має вхідну та/або вихідну стрілку, і пов'язані стрілками відповідні вершини-терміни утворюють істинні твердження.

На підставі введених визначень натуральної системи, термінополя і таксономії можна сформулювати наступне твердження.

Твердження 2. Завжди можна виділити непорожній набір умов, заданих підмножиною відношень $\tilde{R}$ концептів термінополя $\tilde{R} \subset R \mid R = X \times X$, за умови, що застосовність множини правил-інтерпретацій F_k , що формують операційне середовище натуральної системи SN , буде задано над концептами X термінополя, представленого таксономією $\tilde{T}$. Тоді натуральна система може бути представлена онтологією виду:

$$O = \langle X, \tilde{R}, F_k \rangle \quad (2)$$

Таку властивість натуральних систем будемо називати пластичним перетворенням.

Доведення. Згідно з визначенням натуральна система SN представляється у вигляді – $\exists F_k, \exists x_i \mid F_k(x_i) \in X \times X$. Згідно з виразом (2.2) – $X \times X = R$. Тобто $\exists \tilde{r}_i \in \tilde{R} \subseteq R$ і $\exists \tilde{r}_i \in X \times X$. Тоді $\exists \tilde{R} \subseteq X \times X$, де $\exists \tilde{r}_i \in \tilde{R}$. Таким чином, ми задали на множині концептів натуральної системи SN множину відношень $\tilde{R}$ і визначили множину інтерпретуючих функцій F_k . Тобто на основі множини функцій ми сформували онтологію O для натуральної системи SN .

Як вже було визначено, такі множини дій можуть бути замкнутими або відкритими. Умова відкритості обумовлюється визначенням категорії термінополя. Концепти, що визначають натуральну систему, утворюють термінополе, і останнє може розширюватися за рахунок включення в нього нових концептів. При цьому нові концепти утворюють з базовими концептами натуральної системи істинні твердження, які можуть являти собою тавтології [3, 13]. Тобто, кожна множина властивостей, яка розбиває концепти термінополя натуральної системи на класи [6], може бути доповнена новим елементом-властивістю, який дозволить утворити як мінімум один новий клас з концептів термінополя.

Натуральна система в процесі вирішення конкретної задачі може бути доповнена непустою множиною нових концептів, властивості яких перевстановлюють класи її термінополя. Також за рахунок визначення нових властивостей множини класів термінополя натуральної системи також розширюються новими класами концептів.

Таким чином, згідно з твердженнями 1 і 2, множина властивостей $\check{R}$ концептів множини X , що складають таксономію $\check{T}$ термінополя натуральної системи, може бути доповнена новим концептом X_{n+1} , таким, що існує нова властивість $\check{r}''$, яка забезпечує виконання правила $f^i(x_1, \dots, x_n, x_{n+1}) \in F_k$. Таку множину правил ми будемо визначати як узгоджену.

Таксономічні характеристики онтологій

Конструктивізм визначень термінополя, натуральної системи і таксономії дає нам можливість встановити властивість **двоїстості** для характеристики відповідності між категоріями **натуральна система і онтологія**.

Твердження 3. Якщо непорожні декартові добутки множин X (концепти) і R (відношення) можуть утворювати певну підмножину функцій $F_t \subset F$, які є певними діями в термінах множини концептів, то на множині дій F можливо задати деяку непорожню множину істинних висловлювань типу $\{\text{дія} \Rightarrow \text{результат}\}$, яка також утворює натуральну систему SN . Тоді, справедливо наступне: будь-яка онтологія O_n , яку утворює натуральна система SN , може бути утворена на основі певної системи висловлювань, утворених множиною дій F над концептами X , і будь-яка натуральна система SN може бути утворена на основі певної системи висловлювань з концептів онтології O_n . Таку взаємодію між натуральними системами і онтологіями будемо називати двоїстою.

Доведення. Згідно з визначенням онтологія має наступні властивості – рефлексивності, антисиметричності і транзитивності [3, 5]:

- рефлексивність – все є частиною самого себе:

$$\forall x R(x, x); \quad (3)$$

- антисиметричність – ніщо не є частиною своїх частин:

$$\forall x \forall y (R(x, y) \wedge R(y, x) \rightarrow x = y); \quad (4)$$

- транзитивність – частини частин є частинами цілого:

$$\forall x \forall y \forall z (R(x, y) \wedge R(y, z) \rightarrow R(x, z)). \quad (5)$$

Згідно з виразами (3)–(5), висловлювання, які формуються з концептів з наведеними властивостями, завжди істинні. Тобто висловлювання, які описують певні дії над концептами, також приймають значення істинності. Тому ці висловлювання можуть відображатися у вигляді функцій-правил, які створюють множину дій натуральної системи. І також певні висловлювання

можуть відображати самі результати цих дій. На цій основі ми можемо формулювати твердження, що існують концепти онтології, які формулюють як дії, так і результати натуральної системи.

На основі вищенаведених властивості пластичності та принципу двоїстості з тверджень 1–3, можна сформулювати наступне твердження.

Твердження 4. Якщо певна онтологія O визначена у вигляді натуральної системи SN , то завжди є певна непорожня множина істинних висловлювань, яка утворюється концептами цієї онтології за умови, що ці концепти упорядковані між собою бінарними відношеннями виду:

$$r^m(x_i^j, x_l^k \mid x_i^j \in X_i; x_l^k \in X_l; r^m \in R \neq \emptyset, \quad (6)$$

де бінарну впорядкованість може бути подано наступними типами відношень [142, 272], що задані над множиною концептів X онтології O :

- ациклічність – γ ,
- часткова впорядкованість – $\tilde{p}$,
- лінійна впорядкованість – p .

Відношення лінійної упорядкованості p на основі використання положень теореми Шпілрайна [14] виводимо з відношення ациклічності:

$$x_i^j \gamma x_l^k \xrightarrow{\alpha} x_i^j p x_l^k. \quad (7)$$

Також воно виводиться з відношення часткового порядку:

$$x_i^j \tilde{p} x_l^k \xrightarrow{\alpha} x_i^j p x_l^k. \quad (8)$$

Бінарні відношення ациклічності і часткового порядку дозволяють формувати із загальних концептів онтології і натуральної системи множину таксономій, на підставі яких будуються твердження, які описують дії натуральної системи і які є тавтологіями за умови, що з концептів таксономій, які формують вказані твердження, може бути утворено множину з відношенням лінійного порядку.

Застосування до множини концептів онтології, над якими задані бінарні відношення типу (6)–(8), будь-якого погодженого правила з множини дій F типу $f^i(x_1, \dots, x_n, x_{n+1}) \in F_k$ дозволяє для довільної натуральної системи завжди визначити непорожню множину тавтологій, що може бути розширена новою тавтологією. Таким чином, при використанні онтологій в процесі формування лінійно-впорядкованих таксономій можна виконувати підстановку множин висловлювань, які задаються на множині концептів натуральної системи у вигляді тавтологій.

У множині таксономій $\tilde{T}$, що утворена на основі множин концептів і бінарних відношень (3)–(5), завжди можна виділити непорожню підмножину таксономій $\tilde{T}' \subset \tilde{T}$. Ця підмножина таксономій є спільною як

для натуральної системи SN , так і для онтології O_n і зберігає бінарні відношення. Тоді завжди можна знайти непорожню множину відображень $\check{G}$, що здійснює опис натуральної системи SN в онтологію O_n . Також, завжди при заданих умовах формування множини таксономій $\check{T}'$ можна знайти множину зворотних відображень $\check{G}^{-1}$, що переводять опис онтології O_n в опис натуральної системи SN .

$$\check{G} : SN \Rightarrow O_n . \quad (9)$$

$$\check{G}^{-1} : O_n \Rightarrow SN . \quad (10)$$

Конструктивність представлених положень, що описують взаємодію таких категорій, як натуральна система і онтологія, полягає в тому, що ми можемо завжди побудувати впорядковану послідовність відображень між множинами SN і O_n . При цьому поняття **дія і результат**, описувані в термінах концептів цих категорій, можуть бути виражені у вигляді впорядкованої послідовності тавтологій.

Онтологічна модель функціональної системи (на прикладі систем водоканалу та ЖКХ міста Біла Церква)

Розглянемо функціональність певної онтології O на основі її відображення у вигляді натуральної системи SN . Онтологія O формується на основі множини таблиць, які відображають описи водо-каналізаційної та ЖКХ систем міста Біла Церква. Натуральна система SN являє собою певні множини об'єктів ЖКХ та каналізаційної системи міста, над якими визначені множини можливих наборів дій – F . До списку цих дій можуть бути включені – вибір об'єктів за атрибутами та їх значеннями, визначення значень різних атрибутів об'єктів, означення географічних координат об'єктів, групування об'єктів у класи за властивостями, часткового та строгого упорядкування тощо.

Усі вказані об'єкти, в нашому прикладі, представлені в слабко упорядкованій множині інформаційних описів їх властивостей у вигляді EXEL-таблиць. Приклад таких таблиць наведено на рис. 1 і 2. Їх атрибути складають термінополе каналізаційної системи водоканалу м. Біла Церква. Застосування до нього умов тверджень 1–3 реалізує процедуру перетворення термінополя у аплікативне (рис. 3) та таксономічне (рис. 4) представлення, які вже задовольняють умовам твердження 4. Це дозволяє застосувати перетворення виду (9) та (10) й тим самим сформувати необхідні класи функціональності об'єктів ЖКХ та водоканалу.

Слід звернути увагу на саму процедуру формування аплікативної та таксономічної систем представлення об'єктів. За рахунок застосування виразів онтологічної моделі виду (1) і (2) та правил виду (3)–(8), слабко упорядковані атрибути об'єктів термінополів каналізаційної системи водоканалу та системи ЖКХ утворюють певні бінарні пари, над якими задається гіпервідношення часткової впорядкованості виду (8). Визначення

у подальшому конкретних властивостей об'єктів, що використовуються на основі застосування до них певних дій виду – $f^i(x_1, \dots, x_n, x_{n+1}) \in F_k$, дозволяють обробляти їх як елементи натуральної системи – SN .

Тоді сформована натуральна система з функціональних класів, які визначаються об'єктами термінополів каналізаційної системи водоканалу та системи ЖКХ, дозволяють представити її, згідно з твердженням 3, у вигляді онтологічного ГІС-середовища (ОГІС). На основі задоволення умов твердження 4, ОГІС забезпечує користувачам весь спектр сервісів, які надаються при обробці геопросторової інформації [ГІС].

Це можна побачити на рис. 5–9. Так, об'єкти термінополів систем ЖКХ та водоканалу м. Біла Церква (рис. 1–4) перетворено у цифрове картографічне середовище та представлено у вигляді тематичних шарів ГІС (рис. 5), у якому виконуються дії: вибір географічного об'єкта – вулиця О. Гончара, знаходження певного каналізаційного люку (рис. 6), агрегація усіх об'єктів термінополя системи водоканалу міста (рис. 7), групування за вибраними атрибутами та їх значеннями (рис. 8) та онтологічна інтеграція об'єктів та їх функціональності термінополів систем ЖКХ та водоканалу (рис. 9).

На цьому прикладі демонструється процедура використання властивості двійності онтології і зв'язаної з нею натуральної системи. Результатом є трансдисциплінарне ГІС-середовище [STR], що автоматично сформовано з таких слабо структурованих інформаційних масивів, як EXEL-таблиці.

Таким чином, процедури, які задовольняють умовам тверджень 1–4, забезпечують з високим рівнем валідності перетворення множин термінополів з частковою упорядкованістю об'єктів в множину таксономій, стани яких задаються відношенням строгої упорядкованості.

Технологія реалізації онтологічних перетворень

Реалізацію описаного онтологічного моделювання функціональних процесів перетворення слабо структурованих табличних масивів було здійснено у середовищі ІТ-ТОДОС [3, 15].

ІТ-ТОДОС – Трансдисциплінарні Онтологічні Діалоги Об'єктно-орієнтовних Систем, яка забезпечує первинний контент-аналіз, формування лінгвістичного корпусу та таксономії документів, виявлення семантичних зв'язків між контекстами цих документів, ранжування та вибір за визначеними ознаками та критеріями певних об'єктів та їх описів. До складу технології ТОДОС входять процедури підвищення якості обробки мовних текстів за рахунок збільшення словника системи та формування на його основі термінополів, автоматичного визначення тематичних напрямів документу та інформаційних масивів; сортування документів за тематичними напрямками.

На основі сформованих термінополів сервіси ТОДОС забезпечують створення онтології Про, класифікацію і генерацію таксономій у вигляді онтологічних графів Про, що дозволяє вирішувати такі практичні задачі, як побудова семантичної мережі термінів документу та об'єднання семантичних мереж термінів для декількох документів.

У середовищі системи також забезпечується формування онтологічних моделей за рахунок створення, редагування, перегляду та аналізу мереж

понять на основі побудови семантичних зв'язків між об'єктами предметної області і формування закономірностей, представлених у вигляді набору значень ознак, якими описуються початкові поняття ПрО. Виділення закономірностей відбувається методом індуктивного формування понять на основі пірамідальної мережі.

ІТ-ТОДОС також забезпечує упорядкування об'єктів-концептів онтології, на основі інтегрованої обробки властивостей, що їх характеризують. Для цього використовуються вагова, бальна і лінгвістична шкали. Кожна така шкала визначає значення критеріїв, що характеризують властивості об'єктів тематичної онтології ПрО. У загальному випадку властивості-критерії характеризуються різними ступенями важливості, які при вирішенні задачі вибору задаються деякими дійсними числами – ваговими коефіцієнтами. Перед вирішенням задачі для кожного критерію необхідно сформулювати його значення для кожної альтернативи. Тим самим забезпечується формування онтологій задач вибору.

До технологічних компонент ТОДОС включено процедури маркування та індексування семантичних одиниць, що визначають і описують контексти об'єктів тематичних онтологій ПрО. Контексти семантичних одиниць становлять електронну бібліотеку із засобами асоціативного пошуку семантично пов'язаних інформаційних масивів, включаючи визначення рівня семантичної еквівалентності текстів.

В середовищі системи ТОДОС забезпечується побудова усіх ланцюгів процесу трансдисциплінарної інтеграції: семантичний контент-аналіз текстових документів; таксономізація; виділення властивостей концептів таксономії; формування онтології задачі вибору; трансдисциплінарна інтеграція контекстів, на основі властивостей-критеріїв концептів, які визначають онтологію вибору; включення документів, знайдених у глобальному середовищі за допомогою рекурсивних процедур системи і лінгвістичного корпусу.

Структура ІТ-ТОДОС представлена на рис. 10.

Висновки

Використання онтологічних систем на основі технології ТОДОС, як показують наведені інтегровані рішення, підтверджує ефективність використання розроблених онтологічних моделей, методу онтологічного представлення функціональності систем та інформаційної технології трансдисциплінарної інтеграції просторово розподілених інформаційних ресурсів та систем шляхом інтеграції слабо структурованої різномірної геопросторової інформації в спеціально організованому інформаційно-аналітичному середовищі, а також її об'єктної візуалізації, тематичної локалізації в рамках інших інформаційних систем.

№ поз.	Глибина заглиблення, м	Діаметр трубоводу, мм	Примітки
1	1,8	100	чавун
2	1,8	100	сталь
3			
4			
5			
6			

глибина заглиблення надається з урахуванням висоти кришки люка

№ поз.	Діаметр, м	Примітки
1	1,2	
2		
3		
4		
5		
6		

Котловидь **

№ поз.	Матеріал чавун	Діаметр, м	Примітки
1		0,62	
2			
3			
4			
5			
6			

Лок **

№ поз.	Матеріал чавун	Діаметр, м	Примітки
1		0,62	
2			
3			
4			
5			
6			

Засувки **

№ поз.	Діаметр засувки, мм	Положення відкр/закр	Примітки
1			
2	100	відкрит	
3			засувка
4			
5			
6			

Рис. 1 – Інформаційні таблиці колодязів водоканалу м. Біла Церква

0	0	168
0	0	168

Рис. 2 – Табличне представлення геопросторових концептів термінополя колодязів водоканалу м. Біла Церква



Рис. 3 – Аплікативне представлення підмножини вулиць термінополя водоканалу м. Біла Церква

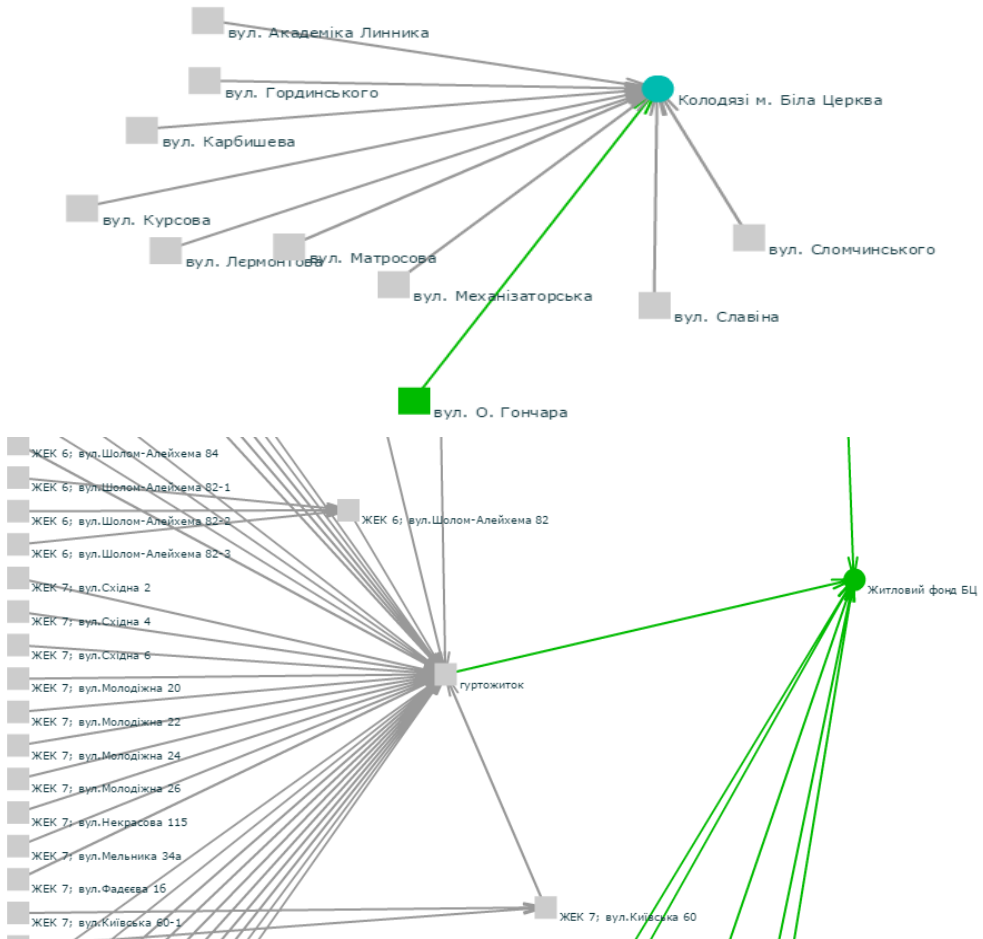


Рис. 4 – Таксономічне представлення підмножин вулиць термінополя водоканалу та ЖКХ м. Біла Церква

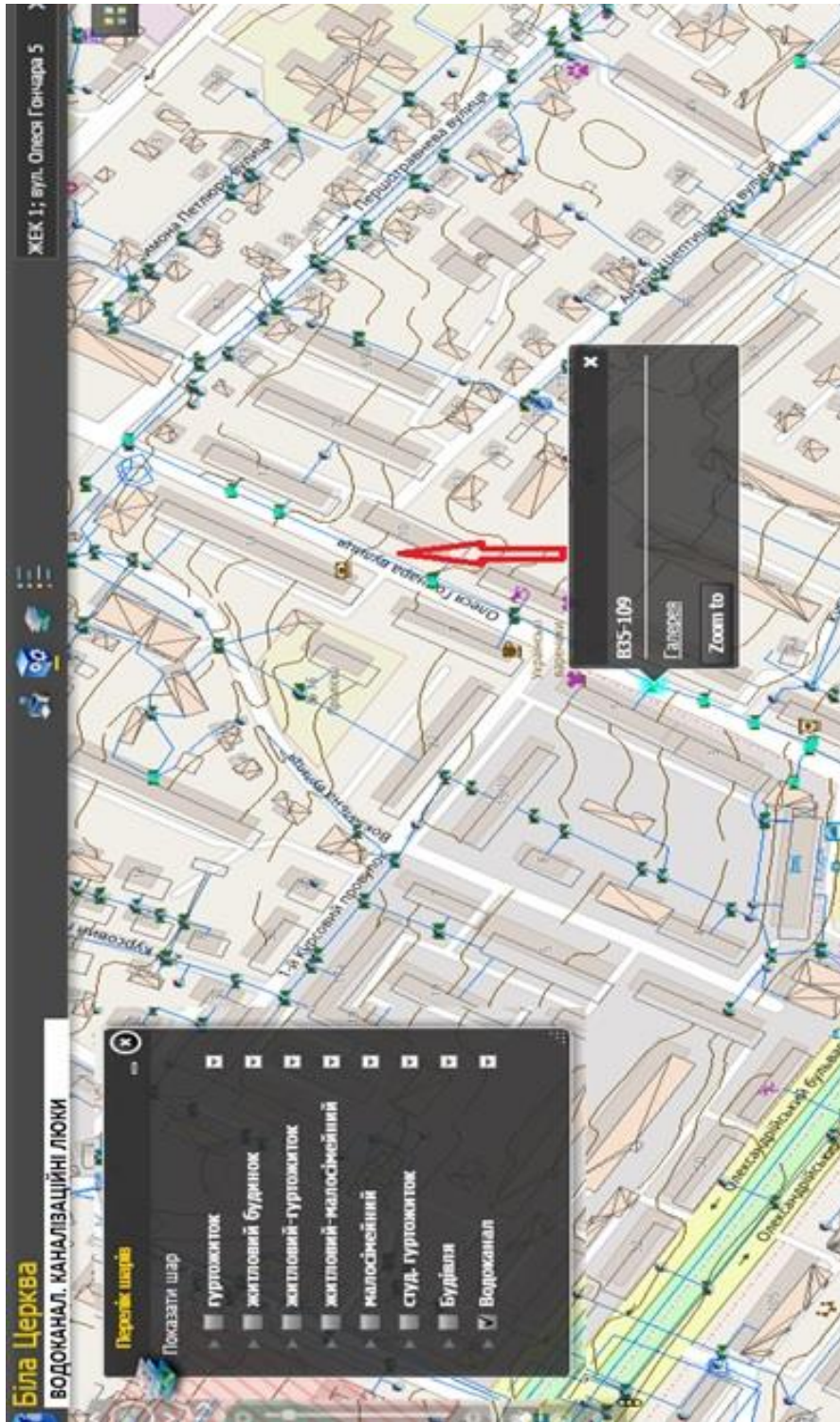


Рис. 5 – Відображення колодзної системи водоканалу м. Біла Церква у ГІС-середовищі

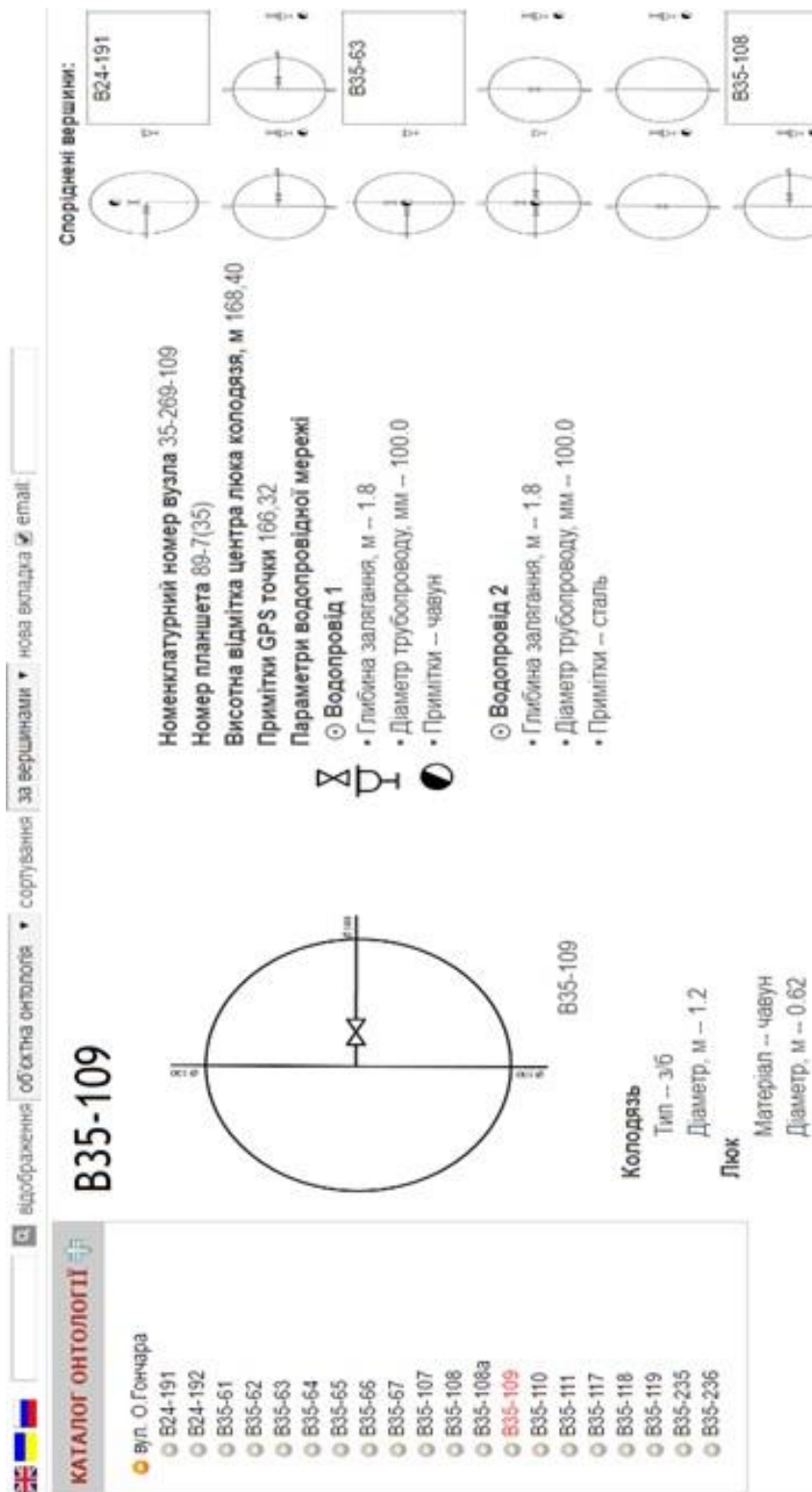


Рис. 6 – Приклад онтологічної інформаційної картки колодязного вузла водоканалу м. Біла Церква

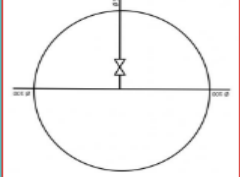
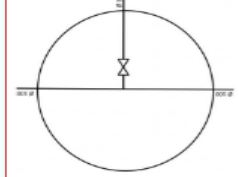
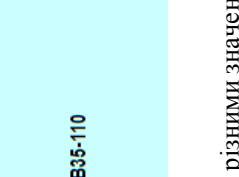
☐ вил. Напівайка ☐ вил. Нечуя-Левиського ☐ вил. Нова ☐ вил. Новосельська ☒ вил. О. Гончара ☐ вил. О. Кошового ☐ вил. О. Тетлігі ☐ вил. Озерна ☐ вил. Освідівська ☐ вил. Осипенко ☐ вил. Острівського ☐ вил. Обієвська ☐ вил. Павліченко ☐ вил. Панфілова ☐ вил. Партизанська ☐ вил. Першотравнева ☐ вил. Петра Запорожця ☐ вил. Південна ☐ вил. Північна ☐ вил. Підвальна ☐ вил. Піонерська ☐ вил. Польова ☐ вил. Привокзальна ☐ вил. Примакова	В35-108а 	Номен. номер. вузл. -- 35-269-108а Номер. планш. -- 89-7(35) Карта -- <u>ВЗЭОП</u> Вулиця -- <u>вил. О. Гончара</u> Схема -- <u>В35-108а</u>	Водопровід 1 Глиб. заляг. м. -- 1,8 Діам. труб. мм. -- 100,0 Прим. -- чавун Водопровід 2 Глиб. заляг. м. -- 1,8 Діам. труб. мм. -- 50,0 Прим. -- пл.	Тип -- з/б Діам. м. -- 1,2	Матеріал -- чавун Діам. м. -- 0,6	Водопровід 2 Діам. засув. мм. -- 50,0 Полож. відкр. -- відкрит Прим. -- засівка	В35-108 12 0
	В35-109 	Номен. номер. вузл. -- 35-269-109 Номер. планш. -- 89-7(35) Висот. відм. центр. -- 168,40 Прим. GPS. точк. -- 166,32 Карта -- <u>ВЗЭОП</u> Вулиця -- <u>вил. О. Гончара</u> Схема -- <u>В35-109</u>	Водопровід 1 Глиб. заляг. м. -- 1,8 Діам. труб. мм. -- 100,0 Прим. -- чавун Водопровід 2 Глиб. заляг. м. -- 1,8 Діам. труб. мм. -- 100,0 Прим. -- сталь	Тип -- з/б Діам. м. -- 1,2	Матеріал -- чавун Діам. м. -- 0,62	Водопровід 2 Діам. засув. мм. -- 100,0 Полож. відкр. -- відкрит Прим. -- засівка	В35-109 13 0
	В35-110 	Номен. номер. вузл. -- 35-269-110 Номер. планш. -- 89-7(35) Висот. відм. центр. -- 167,38 Прим. GPS. точк. -- 165,28 Карта -- відсутня Вулиця -- <u>вил. О. Гончара</u> Схема -- <u>В35-110</u>					В35-110 14 0

Рис. 8 – Вибірка колодязів за різними значеннями атрибутів онтологічного представлення люкової системи (вулиця О. Гончара, матеріал люка = чавун, діаметр труби = 100 мм, діаметр люка = 0,62 м, глибина залягання = 1,8 м)

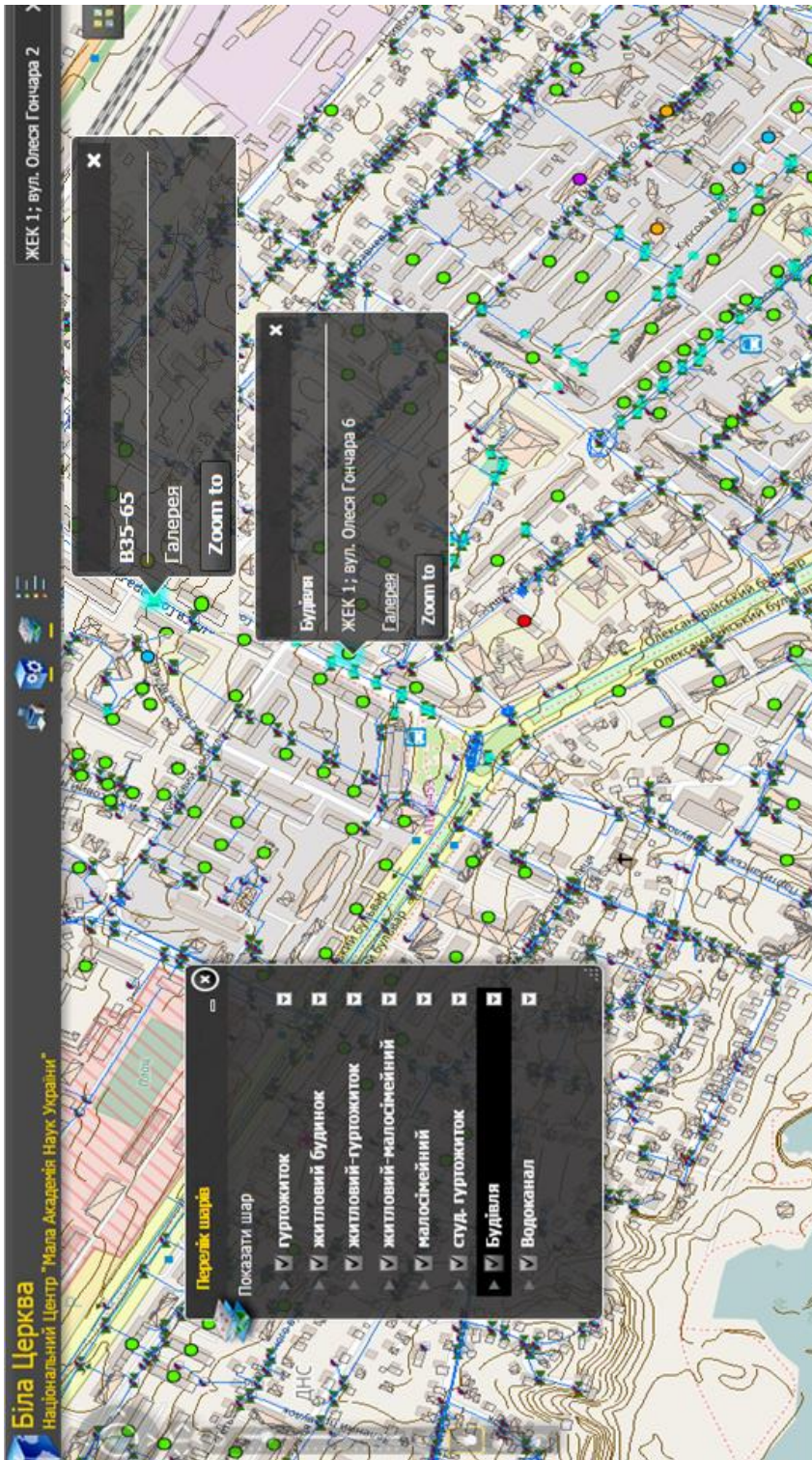


Рис. 9 – Інтегроване відображення колодязної та ЖКХ систем м. Біла Церква в онтологічному ГІС-середовищі

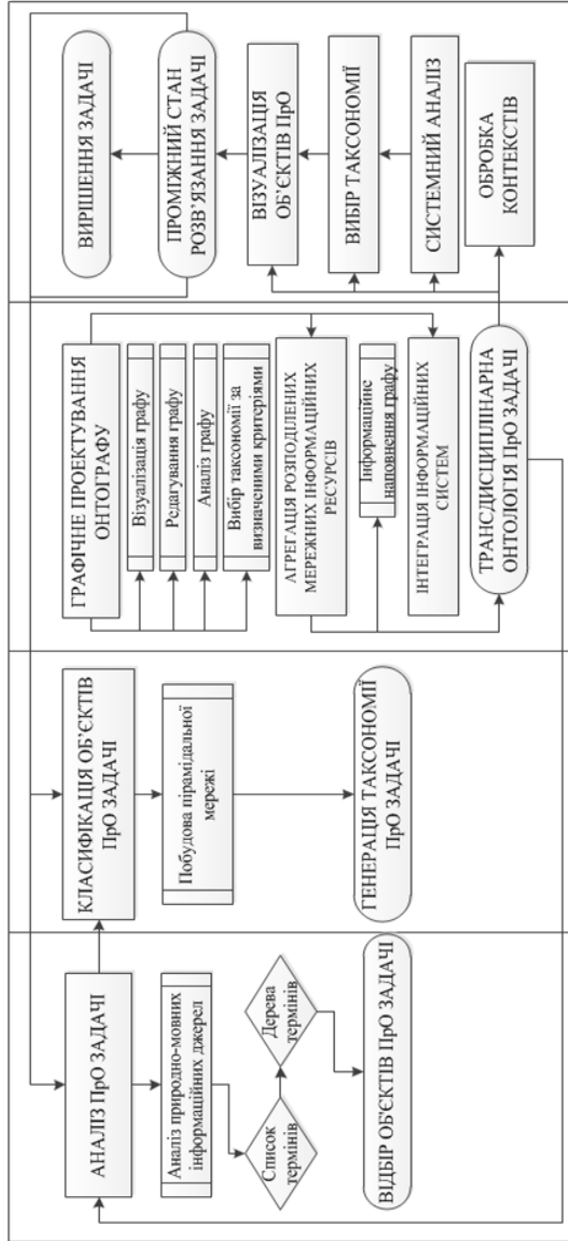


Рис. 10 – Узагальнена процедура онтологічних перетворень в середовищі системи ТОЛОС

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. INSPIRE Data Specifications: Methodology for the Development of Data Specifications [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/reports/ImplementingRules/inspireDataspecD2_6v2.0.pdf
2. Князева Е. Н. Трансдисциплінарні стратегії досліджень [Текст] / Е. Н. Князева // Вестник ТГПУ, 2011. – № 10. – С. 193–201.
3. Стрижак О.Е. Трансдисциплінарна інтеграція інформаційних ресурсів // Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. – К. – Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України. – 2015. – 42 с.
4. Операциональные характеристики онтологий / А. Е. Стрижак // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии, 2014. – № 66. – С. 185–193.
5. Малишевский, А.В. Качественные модели в теории сложных систем [Текст] / А.В. Малишевский. – М. : Наука. Физматлит, 1998. – 528 с.
6. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения: Пер. с англ. – М.: Конкорд, 1992. – 519 с.
7. Валькман Ю. Р. Модельно-параметрическое пространство: теория и применение : [монография] / Ю. Р. Валькман, В. И. Гриценко, А. Ю. Рыхальский. – К. : Наукова думка, 2012. – 192 с. – (Проект «Наукова книга»). – Дар видавництва «Наукова думка». НАН України.
8. Гаврилова Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем [Текст] / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.
9. Guarino, N. The Ontological Level [Текст] / N. Guarino, R. Casati, N. Smith, G. White // Philosophy and the Cognitive Sciences. – Vienna : Holder-Pichler-Tempsky, 1994. – P. 443–456.
10. Палагин, А. В. Онтологические методы и средства обработки предметных знаний [Монография] / А. В. Палагин, С. Л. Крытый, Н. Г. Петренко. Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. – 323 с.
11. Шаталкин, А.И. Таксономия. Основания, принципы и правила [Текст] / А.И. Шаталкин. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 600 с.
12. Гладун, В. П. Процессы формирования новых знаний [Текст] / В. П. Гладун. – София : СД «Педагог 6», 1994. – 192 с.
13. Клини, С.К. Введение в метаматематику [Текст] / С. К. Клини. – М. : Иностранная литература, 1957. – 526 с.
14. Фукс Л. Частично упорядоченные алгебраические системы [Текст] / Л. Фукс. – М. : Мир, 1965. – 342 с.
15. Величко В. Построение таксономии документов для формирования иерархических слоев в геоинформационных системах [Текст] / Виталий Величко, Виталий Приходнюк, Александр Стрижак, Крассимир Марков, Крассимира Иванова, Стефан Карастанев // International Journal "Information Content and Processing", 2015. – Volume 2. – Number 2. – P. 181–199.

Стаття надійшла до редакції 28.09.2016