

TECHNOLOGIE SEMANTYCZNE W ZARZĄDZANIU ŁAŃCUCHAMI ŻYWNOŚCI

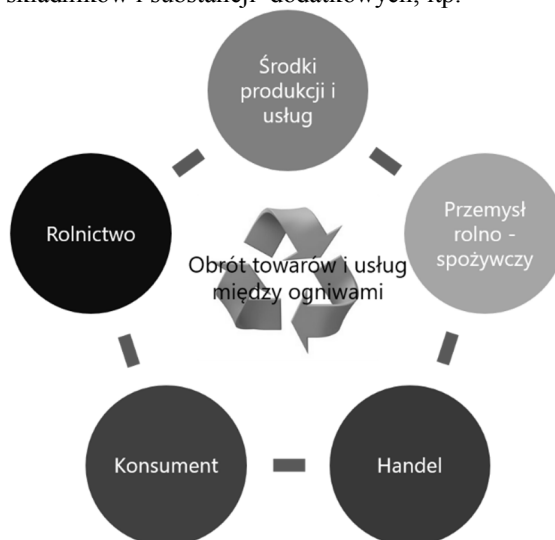
Dariusz DOBROWOLSKI, Andrzej MARCINIAK,
Zdzisław ŁOJEWSKI, Grzegorz BARTNIK

Streszczenie: W artykule przedstawiono możliwości zastosowania technologii semantycznych w zarządzaniu łańcuchami żywności. Łańcuch żywności jest sekwencją etapów i procesów mających miejsce w produkcji, przetwórstwie, dystrybucji, magazynowaniu i postępowaniu z żywnością oraz jej składnikami, począwszy od produkcji pierwotnej aż do konsumpcji. Ażeby proces produkcji wyrobów i usług został metodologicznie i technologicznie zintegrowany z procesem produkcji informacji i wiedzy potrzebne jest zbudowanie zunifikowanej, interoperatywnej infrastruktury informacyjnej dla obu tych procesów. W tym celu posłużono się semantycznym systemem zarządzania wiedzą Ontorion.

Słowa kluczowe: łańcuch żywności, sieci semantyczne, ontologia, Ontorion, FluentEditor

1. Wprowadzenie

Łańcuch żywności jest sekwencją etapów i procesów mających miejsce w produkcji, przetwórstwie, dystrybucji, magazynowaniu i postępowaniu z żywnością oraz jej składnikami, począwszy od produkcji pierwotnej aż do konsumpcji. Organizacje należące do łańcucha żywności (rys. 1) tworzą uporządkowany zbiór począwszy od producentów pasz i produktów pierwotnych poprzez wytwórców żywności, operatorów transportu i magazynowania oraz ich podwykonawców aż do sfery detalicznego zbytu produktów i usług żywieniowych, łącznie z organizacjami producentów maszyn, urządzeń, opakowań, środków czystości, składników i substancji dodatkowych, itp.



Rys. 1 Ogniwia łańcucha żywności

Źródło: opr. własne

Do łańcucha żywności należą także organizacje świadczące usługi (rys. 2). Zgodnie z normą ISO 22000:2005 [1] definiowanie bezpieczeństwa żywności odnosi się do występowania zagrożeń w momencie konsumpcji. Ponieważ wystąpienie zagrożeń bezpieczeństwa żywności może mieć miejsce na każdym etapie łańcucha żywności, niezbędne jest odpowiednie nadzorowanie całego łańcucha.

Środki produkcji i usługi	Rolnictwo	Przemysł spożywczy	Handel	Konsument
Producenci środków produkcji (np. nawozów sztucznych, maszyn i urządzeń, opakowań itp.)	Producenci owoców rolnych,	Przetwórstwo wstępne, wtórne, pogłębione	Handel detaliczny, hurtowy, międzynarodowy	Konsument indywidualny, zbiorowy
Świadczący usługi (np. doradcze i szkoleniowe, finansowe, logistyczne, reklamowe)	Hodowcy zwierząt	Producenci pasz		Instytucje i organizacje konsumenckie
	Rybackstwo itp..	Przetwórstwo odpadów		

Rys. 2 Pośrednie czony ogniw łańcucha żywnościowego

Źródło: opr. własne

Należy przy tym podkreślić ważność przepływu informacji pomiędzy wszystkim ogniwami łańcucha. Komunikacja w całym łańcuchu żywności jest niezbędna szczególnie w przypadku występowania zagrożeń bezpieczeństwa żywności w celu zidentyfikowania wszystkich możliwych zagrożeń i potwierdzenia ich nadzorowania na każdym etapie. Komunikacja z dostawcami i klientami dotycząca zidentyfikowanych zagrożeń i środków nadzoru pomoże w precyzowaniu wymagań i oczekiwań wszystkich uczestników łańcucha żywności, np. w kwestii wykonywalności czy też wpływu określonych oczekiwań i wymagań dotyczących zarówno procesu jak i wyrobu gotowego. Problemem współczesnych organizacji jest brak udokumentowanych informacji, udostępnianych w automatycznie przetwarzalnym formacie.

2. Technologie semantyczne w zarządzaniu

Zdefiniowanie jednolitych, powszechnie akceptowanych ram dla projektowanego studium wykonalności, obejmujących metody opisu danych współdzielonych i ich udostępniania oraz określających zachowanie systemu w środowisku dynamicznym, pozwoli na rozwiązywanie szeregu problemów integracyjnych oraz umożliwi generowanie rozwiązań opartych na jednolitym standardzie [2]. Ułatwi to udostępnianie i przeszukiwanie heterogenicznych zasobów informacyjnych oraz tworzenie interfejsów. Jednym z celów, dla których podejmowana jest próba integracji danych, jest dążenie do usprawnienia procesów zachodzących w organizacjach branży spożywczej, co w efekcie ma przyczynić się do zapewnienia wymaganego poziomu bezpieczeństwa żywności, obniżenia kosztów oraz wzrostu efektywności prowadzonych działań [2].

Różnorodność struktury zasobów informacyjnych będących przedmiotem integracji jest istotnym, ale nie jedynym problemem, z jakim spotykają się projektanci rozwiązań integracyjnych. Spośród innych zagadnień zwrócono uwagę na [3]:

- różnorodność systemów, języków zapytań, strategii integracyjnych,
- redundancję, która utrudnia wykonywanie operacji na danych, m.in. agregację,
- problem jakości i wiarygodności danych

Istnieje wiele typów systemów oraz rodzajów ograniczeń i relacji między nimi, które wymagają integracji. Rozwiązania w tym zakresie obejmują systemy współdzielone, tj. takie, które są własnością wszystkich kooperujących organizacji oraz są wspólnie zarządzane, lub w których jedna organizacja udostępnia swoje zasoby innym, systemy luźno połączone, systemy zintegrowane, współdziałające, a także oparte na wspólnym interfejsie, takim jak np. witryny internetowe.

Proponowana przez nasz Zespół metoda gromadzenia przetwarzania i udostępniania informacji dotyczących zagrożeń integralności żywności występujących w poszczególnych elementach łańcucha produkcji żywności uwzględnia poniższe założenia:

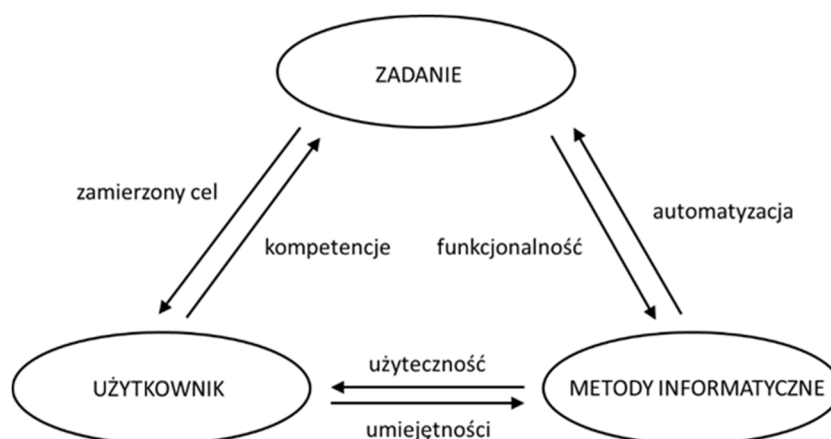
- Zagrożenia powstają we wszystkich segmentach łańcucha produkcji żywności. Struktura tego łańcucha jest trajektorią w sieci oddziaływań biologicznych, klimatycznych, technologicznych, ekonomicznych i socjologicznych. Z każdym oddziaływaniem wiążą się specyficzne dla niego zagrożenia. Kategoryzacja tych zagrożeń (jakie są i jakie są ich własności) jest niezbędna w zarządzaniu ryzykiem i bezpieczeństwem żywności. Konceptualizacja tego złożonego systemu zagrożeń powinna być sformalizowana w sposób umożliwiający zautomatyzowane przetwarzanie informacji. Taką możliwość stwarza ontologiczna inżynieria wiedzy.
- Wiedza gromadzona w strukturach definiowanych przez ontologię procesów umożliwia zautomatyzowane jej przetwarzanie poprzez algorytmiczne procesy inferencyjne. Strumień informacji wzdłuż łańcucha żywnościowego powinien być modułarny tzn. lokalny, rozłączny i sfaktoryzowany. Oznacza to, że w każdym segmencie sieci oddziaływań do zbioru informacji procesowych powinny być dołączane tylko te, które są specyficzne dla danego segmentu. Cały łańcuch jest odwzorowywany w przestrzeni informacyjnej zbudowanej wg technologii semantycznych. Struktura semantycznej bazy danych jest modułarnym grafem, którego każdy moduł reprezentuje semantyczny subgraf, specyficzny dla danego segmentu łańcucha.
- Do budowy ontologii łańcucha żywności, źródłem pojęć i relacji międzypojęciowych są standardy i akty prawne: system HACCP, standardy BRC, IFS normy ISO 9001, ISO 22000 - GHP, GMP, Codex Alimentarius, Dyrektywa Rady 89/397/EWG z 14.06.89, Dyrektywa Rady nr 93/43/EWG z 14.06.93, Rozporządzenie (WE) nr 852/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r., Rozporządzenie (WE) nr 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. Zakładamy, że każda organizacja będąca uczestnikiem łańcucha żywności spełnia wymagania norm i standardów oraz dokumentuje swoje działania.
- System przepływu informacji musi być ewolucyjny, samouczący i samoorganizujący się. Łańcuch produkcji żywności musi być przewidywalny i weryfikowalny przez niezależne, ukierunkowane na ten cel systemy. Z każdym egzemplarzem zintegrowanej żywności musi być identyfikator (URI/URL) do zasobów zgromadzonych w semantycznej bazie danych.

Nie istnieje obecnie uniwersalny, jednolity, powszechnie akceptowany model wymiany danych. Wieloaspektowa różnorodność oraz szerokie spektrum zagadnień, dla których należy znaleźć rozwiązanie podczas tworzenia systemu integracyjnego, doprowadziły do powstania wielu propozycji i systemów, które mogą być wykorzystane w określonych sytuacjach. Studium wykonalności projektu oparte jest o zastosowanie dostępnych

technologii semantycznych. Proponowana metoda jest zatem syntezą technologii relacyjnych baz danych, które powszechnie używane są przez uczestników łańcucha żywności oraz technologii semantycznych.

2.1. Ontologiczna inżynieria wiedzy

Zarządzanie wiedzą powstającą w ramach łańcucha żywności powinno odbywać się w sposób uporządkowany i skuteczny. Skuteczność jest odpowiednim kryterium racjonalnego doboru metod informatycznych do wspomaganie zarządzania wiedzą, gdyż określenie skuteczności danej metody informatycznej będzie wiązało się określeniem stopnia, w jakim wsparcie nią umożliwia realizację założonych celów zarządzania wiedzą. Skuteczność ta jest funkcją trzech zmiennych: użytkownika, zadania i metod informatycznych (rys. 3). Pojęcie skuteczności rozumiane jest tutaj, jako zbieranie i archiwizowanie ściśle określonych zestawów informacji przez każdego producenta w każdym sezonie produkcyjnym oraz udostępnianie na jednakowych zasadach wszystkim producentom uczestniczącym w systemie tworzącym ogniwa łańcucha żywnościowego. Schemat takiego układu sieciowego pokazano na rysunku 1.



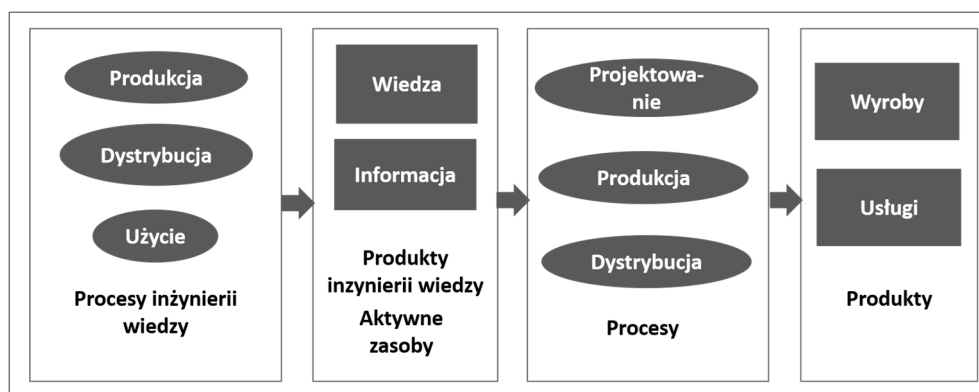
Rys. 3 . Zależność pomiędzy użytkownikiem, zadaniem a środkami informatycznymi
Źródło: [4]

Obecnie trudno jest sobie wyobrazić nowoczesne przedsiębiorstwo niekorzystające z techniki komputerowej. Praktycznie w każdej dziedzinie życia komputery stały się narzędziem, które pomaga w osiągnięciu zakładanych celów. Zaspakajanie potrzeb informacyjnych wiąże się z popytem na wiedzę i informację. System informacyjny z założenia ma funkcjonować w intensywnym strumieniu danych procesowych uzyskiwanych nie tylko w tradycyjny sposób człowiek-system, ale również poprzez coraz większe pola sensorowe wbudowane w procesy produkcyjne. Te strumienie danych muszą być gromadzone w informatycznej infrastrukturze procesu produkcji i jego otoczenia w sposób umożliwiający ich semantyczną analizę i integrację. Stąd bierze się potrzeba stosowania technologii semantycznych. Technologie te implikują bazowe cechy funkcjonalne i operacyjne projektowanego systemu. Semantyczny system akwizycji danych implikuje wykorzystanie agentów software'owych – czyli całkowicie zautomatyzowany proces wydobywania informacji poprzez zastosowanie algorytmów wyszukiwania znaczeń,

a w dalszej kolejności zastosowanie algorytmów uczenia maszynowego umożliwiających wykrywanie zależności strukturalnych i relacji przyczynowych tkwiących w danych procesowych.

Zależności te reprezentowane w jednym z formalnych języków reprezentacji wiedzy są formalnymi i wykonywalnymi modelami procesów umożliwiającymi zautomatyzowane wnioskowanie wszelakiego rodzaju (indukcja, dedukcja, abdukcja) i wspomaganie zarządzania, sterowania procesami w oparciu o formalne, wystarczająco szczegółowe i adaptacyjnie uaktualniane modele. Takie zautomatyzowanie wnioskowania jest niezbędne do aktywnego ale również do proaktywnego zarządzania procesami (predykcja) oraz zarządzania bezpieczeństwem procesów, produktów i ich otoczenia (rozumowanie diagnostyczne, hipotetyczno-dedukcyjne). Rozumowanie indukcyjne jest podstawą ciągłej aktualizacji wiedzy procesowej na wszystkich poziomach strukturalnych i funkcjonalnych. To wszystko jest podstawą paradygmatu innowacyjnej gospodarki opartej na wiedzy i informacji. Jedną z metod reprezentowania wiedzy są modele sieciowe, wśród których wymieniane są sieci semantyczne (ang. *Semantic Nets*). Sieci te są najstarszym typem reprezentacji wiedzy.

Sieć semantyczna to przykład sieci, w której dane są przechowywane, opisywane i powiązane w taki sposób, aby mogły być wykorzystane nie tylko przez ludzi, ale także przez maszyny (programy, pająki sieciowe czy też inteligentnych agentów). Uogólnieniem *Semantic Nets* na poziom reprezentacji wiedzy o zasobach informacyjnych, a następnie o bytach fizycznych (rzeczach ang. *Thing*), których te zasoby dotyczą jest kolejna faza rozwoju Internetu określana jako *Semantic Web* i *Web of Things*. W języku polskim *Semantic Nets* i *Semantic Web* nie są rozróżniane. Gromadzenie danych procesowych w semantycznych bazach danych umożliwia kognitywne modelowanie i zarządzanie procesami. Wykorzystanie tych modeli po wbudowaniu ich w procesy produkcji jest istotą paradygmatu produkcji opartej na wiedzy i informacji (rys.4).



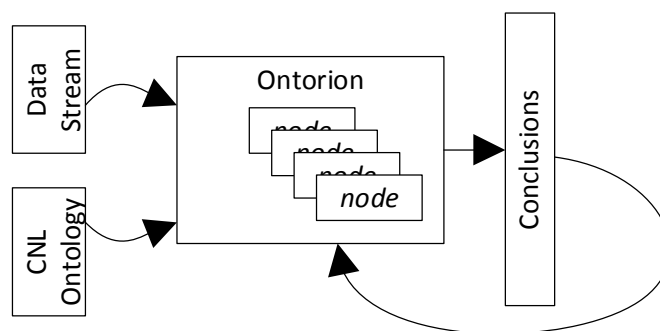
Rys. 4 Gospodarka oparta na wiedzy i informacji – interpretacja definicji
Źródło: opr. własne

Semantyczne systemy reprezentacji wiedzy umożliwiają głęboką operacjonalizację ich pragmatyki rozumianej jako informacyjne, a więc niskoenergetyczne oddziaływanie na przebieg procesów produkcji w zarządzaniu i sterowaniu tymi procesami.

2.2. Ontorion – semantyczny system zarządzania wiedzą

Ontorion [5] jest semantycznym systemem zarządzania wiedzą z rozproszonych źródeł

danych z interfejsem CNL (ang. *Controlled Natural Language*) i wbudowanym systemem wnioskującym. System ten jest kompatybilny z OWL2 [6] i SWRL [7]. Może on być hostowany w chmurze lub na serwerach. Jest to rodzina produktów klasy serwer – klient pozwalających na szeroką integrację specjalistycznego oprogramowania i infrastruktury korporacyjnej. Ontorion umożliwia wnioskowanie w czasie rzeczywistym nad strumieniem danych w oparciu o ontologię generującego je procesu i wydobywanie semantycznych relacji tkwiących w eksplorowanych danych, w tym relacji przyczynowych.



Rys. 5 System zarządzania wiedzą Ontorion
Źródło: [8]

Ontorion jest zbiorem komponentów (wtyczek) umożliwiających budowanie dużych, skalowalnych systemów semantycznych. Skalowalność ta jest osiągnięta zarówno przez technologię NoSQL jak i algorytm modularyzacji. Algorytm ten dzieli złożony problem na subprocesy, które mogą być wykonywane równolegle przez zbiór węzłów obliczeniowych. Tak więc Ontorion jest symetrycznym klastrem serwerów umożliwiającym rozumowanie na dużych ontologiach. Każdy węzeł Ontoriona pozwala na wykonywanie takich samych operacji na danych. Symetria klastra Ontoriona umożliwia obliczenia w chmurze, gdzie liczba węzłów może zmieniać się w czasie rzeczywistym w zależności od potrzeb użytkownika.

2.3. Narzędzia do edycji ontologii

Ontologie w informatyce nie posiadają jednej, precyzyjnej definicji. Znaczenie tego słowa zmienia się w zależności od podejścia czy stopnia sformalizowania. Według jednej z definicji [9] ontologia to formalna reprezentacja pewnej dziedziny wiedzy, na którą składa się zapis zbiorów pojęć (ang. *concept*) i relacji między nimi. Zapis ten tworzy schemat pojęciowy, który będąc opisem danej dziedziny wiedzy, może służyć jednocześnie jako podstawa do wnioskowania o właściwości opisywanych ontologią pojęć. Ontologie tworzone są po to, aby umożliwić formalny zapis wiedzy dotyczącej wybranej dziedziny [10]. Z kolei terminy *metodologia*, *metoda*, *technika*, *proces* itd. są zdaniem Gomez-Perez [11] używane zamiennie, przez co są źródłem wielu nieporozumień. Jej definicja metody i metodologii odwołuje się do ustaleń IEEE, gdzie metodologię definiuje jako: „wszechstronny zintegrowany ciąg technik lub metod tworzących ogólną teorię systemu, dotyczącą zakresu koniecznych do wykonania intensywnych prac intelektualnych”, zaś metoda to według niej „uporządkowany proces lub procedura wykorzystywana w inżynierii produkcji lub

wykonywaniu usług”. Wśród badaczy i inżynierów wiedzy istnieją różne sposoby uporządkowania metod i stworzenia metodologii związanej z tworzeniem ontologii – każda z tych grup ma własne podejście, które według nich sprzyja sprawnemu i szybkiemu tworzeniu ontologii [10]. Cytowana wcześniej Gomez-Perez sugeruje trzy kategorie działań związanych z tworzeniem ontologii:

1. Działania związane z zarządzaniem ontologią; obejmujące planowanie kontrolę aktywności i kontrole jakości powstałych ontologii.
2. Działania związane z rozwojem ontologii; wyróżniające dodatkowo trzy etapy: przed-, po- i rozwojowy, które powinny dać odpowiedź na pytanie, czy możliwe jest zbudowanie ontologii.
3. Działania związane z pielęgnowaniem ontologii; działania te mają za zadanie ustalić jaki będzie zakres wykorzystania ontologii i kto będzie jej potencjalnym użytkownikiem.

Tworzenie ontologii, obok przedstawionych metod i metodologii, wymaga narzędzi programistycznych, m.in. takich jak Protégé czy też Fluent Editor 2.

2.3.1. Protege

Jednym z najczęściej wykorzystywanych narzędzi do budowania ontologii jest zaawansowane środowisko Protégé [12] – jest to darmowy edytor ontologii i narzędzie tworzenia baz wiedzy udostępniane na licencji Open Source. System Protégé, poprzez rozszerzenia – Protégé-Frames i Protégé-OWL – obsługuje dwa sposoby modelowania ontologii. Pierwszy z nich pozwala na wdrożenie ontologii zgodnie z protokołem OKBC (*Open Knowledge Base Connectivity*) [3] zbliżonym do podejścia obiektowego (mamy tu klasy i ich egzemplarze, własności i relacje), zaś drugi zorientowany jest na WWW i sieci semantyczne, wykorzystuje do tego język OWL. Wśród podstawowych zalet Protégé można wymienić, takie jak:

- wizualizację ontologii w postaci grafów (dwie domyślne wtyczki o równej funkcjonalności i sposobie działania),
- zaimplementowaną domyślnie maszynę wnioskującą oraz możliwość integracji z zewnętrznymi źródłami danych poprzez odpowiednie wtyczki,
- wsparcie modelowania ontologii przez mechanizm wnioskowania wykrywający sprzeczności,
- możliwość formułowania zapytań w celu walidacji i rozszerzania ontologii,
- pełną zgodność z językiem OWL2,
- posiadanie narzędzi do refaktoryzacji istniejących ontologii, (ang. *refactoring* – pojęcie związane z wytwarzaniem systemów informatycznych. Jest to proces wprowadzania zmian w projektach, w wyniku których zasadniczo nie zmienia się ich funkcjonalność.)
- mnogość rozszerzeń,
- możliwość konfiguracji interfejsu użytkownika,
- obsługę wielu popularnych standardów zapisu ontologii.

Najnowsza wersja Protégé (v. 5.0.0 Beta 17 – na dzień 05.01.2016) domyślnie dostarczana jest z maszyną wnioskującą HermiT (wcześniej FaCT++), która pozwala na automatyczną klasyfikację obiektów, obsługę zapytań poprzez wnioskowanie w dziedzinie reprezentowanej utworzoną hierarchią klas z wykorzystaniem wykrytych oraz jawnie zdefiniowanych aksjomatów. Silnik wnioskujący jest użyteczny także w celu weryfikacji

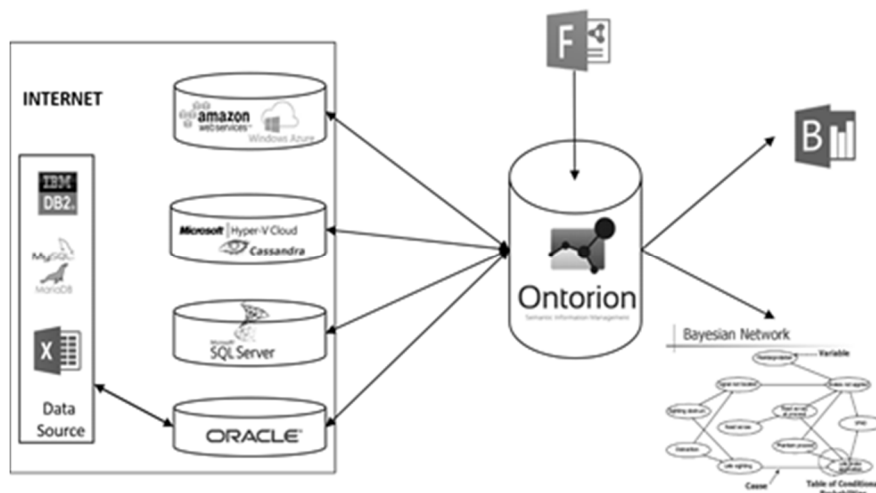
poprawności ontologii oraz w wykrywaniu sprzeczności, które pojawić się mogą podczas modelowania.

2.3.2. FluentEditor

Innym, zdobywającym coraz większą popularność, edytorem ontologii jest stworzony i rozwijany przez polską firmę Cognitum, edytor Fluent Editor 2 [5]. Jest to kompleksowe narzędzie wykorzystujące kontrolowane języki naturalne (ang. *Controlled Natural Language* CNL) do edycji i zarządzania złożonymi ontologiami. Kontrolowane języki naturalne (CNL) to podzbiory języków naturalnych, które tworzy się poprzez redukcję gramatyki i słownictwa w celu ograniczenia lub wyeliminowania wieloznaczności i redukcji złożoności. FluentEditor2 jest odpowiednią alternatywą dla bardziej złożonych edytorów OWL [6] opartych na XML. Jego główną zaletą jest wykorzystanie języka angielskiego jako języka modelowania wiedzy. Dzięki wykorzystaniu mechanizmu wnioskowania, niemożliwe jest napisanie jakiegokolwiek zdania, które byłoby niepoprawne gramatycznie.

3. Model semantycznego systemu zarządzania łańcuchami żywności

Założeniem metodycznym projektu było modułowe konstruowanie prototypu systemu informatycznego wykorzystującego wcześniej opisane komponenty tak, aby zapewnić wymaganą spójność funkcjonalną. Źródłem danych dla przedstawionej na schemacie struktury systemu (rys. 6) są zarówno strony internetowe, bazy danych (zarówno te relacyjne, jak i nierelacyjne), jak i repozytoria dokumentów uczestników łańcucha żywności. Elementem scalającym zarówno dostęp do danych jak i systemów zarządzania treścią jest w tym przypadku Internet, jako globalna sieć wymiany informacji i wiedzy.



Rys. 6 Struktura semantycznego systemu zarządzania łańcuchem żywności

Źródło: opr. własne

Dzięki wbudowanym wtyczkom istnieje możliwość rozszerzenia funkcjonalności systemu o zaawansowaną analitykę danych (rOntorion), w tym zautomatyzowane, eksploracyjne modelowanie procesów i zarządzanie nimi z uwzględnieniem czynnika

niepewności w oparciu o wiedzę jakościową i generowane przez proces dane (w tym również Big Data) poprzez zastosowanie technologii sieci bayesowskich (rBLearn). Relacje przyczynowo skutkowe pomiędzy wyróżnionymi bytami czynnościowymi implikują topologię sieci bayesowskiej, a zatem kategoryzację łącznego rozkładu prawdopodobieństwa nad wyróżnionymi zmiennymi losowymi. Potraktowanie wszystkich wyróżnionych bytów czynnościowych, włącznie z technologicznymi jako niepewnych – znanych z dokładnością do rozkładu prawdopodobieństwa umożliwia wnioskowanie zarówno predykcyjne w kierunku od przyczyn do skutków jak i hipotetyczno-dedukcyjne od skutków do przyczyn.

4. Podsumowanie

Konceptualizację przedstawionej pracy oparto na powszechnie akceptowanym paradygmacie systemów produkcji opartych na wiedzy i informacji. Współczesna inżynieria produkcji w coraz większym zakresie wykorzystuje wiedzę i informację jako podstawowy, elementarny zasób produkcyjny. Oznacza to integrację inżynierii produkcji z inżynierią wiedzy na poziomie metod i technologii. W ten sposób informacja i wiedza powstająca jako produkt uboczny każdego procesu produkcji staje się mierzalnym, przewidywalnym i powtarzalnym produktem inżynierskim.

Ażeby proces produkcji wyrobów i usług został metodologicznie i technologicznie zintegrowany z procesem produkcji informacji i wiedzy potrzebne jest zbudowanie zunifikowanej, interoperatywnej infrastruktury informacyjnej dla obu tych procesów. Oznacza to w praktyce potrzebę wbudowania w proces produkcji zaawansowanych pól sensorowych i zautomatyzowaną ciągłą akwizycję peta bajtowych strumieni danych. Wymaga to zastosowania technologii informacyjnych określanych jako Big Data. Ich podstawą jest gromadzenie danych w sieciach semantycznych. Technologie semantyczne są niezbędne do zautomatyzowanego gromadzenia i przetwarzania heterogenicznych, rozproszonych, intensywnych strumieni danych. Najważniejszym celem procesu przetwarzania takich danych jest w tym przypadku ich semantyczna integracja i kognitywne modelowanie, których wynikiem jest wiedza reprezentowana w maszynowo przetwarzalnym języku, np. RDF/RDFS, OWL, CNL, SWRL.

Semantyczne systemy reprezentacji wiedzy umożliwiają głęboką operacjonalizację ich pragmatyki rozumianej jako informacyjne, a więc niskoenergetyczne oddziaływanie na przebieg procesów produkcji w zarządzaniu i sterowaniu tymi procesami. Formalizacja tej konceptualizacji w postaci ontologii była ułatwiona dzięki zastosowaniu serwera Ontorion, najnowszej wersji edytora ontologii Fluent Editor 2014 oraz systemu wnioskującego HermiT.

Bibliografia

1. Norma EN ISO 20000. Systemy zarządzania bezpieczeństwem żywności. . Warszawa : PKN, 2006.
2. Dobrowolski D. Zarządzanie wiedzą w procesach naturalnych produkcji rolniczej z wykorzystaniem sieci semantycznych. Kielce : Politechnika Świętokrzyska, 2015.
3. SRI International. Open Knowledge Base Connectivity Home Page. [Online] 1995. <http://www.ai.sri.com/~okbc/>.
4. Szeptuch A. Skuteczność metod informatycznych stosowanych w procesie zarządzania wiedzą na uczelniach. e-mentor. 2013, 3 (50), e-mentor. 2013, Tom 3, 50.
5. Cognitum. Cognitum. [Online] 10 Styczeń 2016. [Zacytowano: 10 Styczeń 2016.]

- <http://www.cognitum.eu>.
6. W3C. OWL Web Ontology Language Overview. Web Ontology Working Group. [Online] 2004. [Zacytowano: 10 01 2016.] <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.
 7. SWRL: A Semantic Web Rule Language . SWRL: A Semantic Web Rule Language . [Online] 2004. <https://www.w3.org/Submission/SWRL/>.
 8. Semantic OLAP with FluentEditor™ and Ontorion™ Semantic Excel Toolchain. Dobrowolski D. i inni. Nicea, France : IARIA, 2015.
 9. Gruber T. R. A translation approach to portable ontology specifications. Stanford, CA, USA : Computer Science Department, Stanford University, 1993.
 10. Gliński W. Wybrane metodologie i metody budowania ontologii. [aut. książki] Sosińska-Kalata B., Chuchro E. i Daszewski W. Informacja w sieci. Problemy. Metody. Technologie. Warszawa : Wydawnictwo SBP, 2006.
 11. Gomez-Perez A., Corcho O. i Fernandez-Lopez M. Ontological Engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web. London : Springer-Verlag, 2004.
 12. Stanford University. Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System. [Online] 2015. [Zacytowano: 01 05 2015.] <http://protege.stanford.edu/>.

Dr inż. Dariusz DOBROWOLSKI
Dr hab. Zdzisław ŁOJEWSKI, prof. UMCS
Instytut Informatyki
Uniwersytet Marii Curie Skłodowskiej w Lublinie
20-033 Lublin, ul. Akademicka 9
tel./fax: (0-81) 537 29 32
e-mail: dariusz.dobrowolski@umcs.lublin.pl
zdzislaw.lojewski@umcs.lublin.pl

Dr hab. inż. Andrzej MARCINIAK, prof. WSEI
Wydział Transportu i Informatyki
Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie
20-209 Lublin, ul. Montażowa 4
email: andrzej.marciniak@wsei.lublin.pl

Dr inż. Grzegorz BARTNIK
Wydział Inżynierii Produkcji
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
20-950 Lublin, ul. Akademicka 13
email: grzegorz.bartnik@up.lublin.pl