

# INTELLIGENT AGENTS FOR MODELLING AND CONTROLLING PROCESSES IN THE LEATHER INDUSTRY

## AGENȚI INTELIGENȚI PENTRU MODELAREA ȘI CONTROLUL PROCESELOR DIN INDUSTRIA DE PIELĂRIE

Sergiu-Adrian GUTA\*

INCDTP - Division: Leather and Footwear Research Institute, 93 Ion Minulescu St., 031215, Bucharest, Romania, email: guta.sergiu@icpi.ro

### INTELLIGENT AGENTS FOR MODELLING AND CONTROLLING PROCESSES IN THE LEATHER INDUSTRY

**ABSTRACT.** Undoubtedly, human resources are vital to thrive in any business and in leather-footwear industry alike. Nevertheless, "exploiting" intellectual capital to its real potential, identifying critical resources and critical areas of knowledge are a great desideratum. In this respect, nowadays, technology can help a lot in assisting managers to achieve this desideratum by boosting efficiency of businesses. This paper outlines the potential impact of agent technology on training employees to do the right actions and mitigate the rate of errors that could occur. Moreover, a study based on literature review has been conducted, which unfolded the advantages of agent technology in simulating an environment in which human operators can be trained in cutting leather without wasting any material by using digitally scanned leathers. A client-server architecture has been developed in order to retain intellectual capital within the company and to facilitate a smooth transfer of knowledge from experts to unskilled workforce.

**KEY WORDS:** intelligent agents, multi-agent, innovative technologies, leather, training.

### AGENȚI INTELIGENȚI PENTRU MODELAREA ȘI CONTROLUL PROCESELOR DIN INDUSTRIA DE PIELĂRIE

**REZUMAT.** Fără îndoială, resursele umane sunt vitale pentru a prospera în orice afacere, iar industria de pielărie-încălțăminte nu face excepție. Totuși, "exploatarea" capitalului intelectual la potențialul lui real, identificarea resurselor critice și a arilor de cunoaștere reprezintă un mare deziderat. În această direcție, în zile noastre, tehnologia poate ajuta enorm la atingerea acestui deziderat prin asistarea managerilor în luarea deciziilor și creșterea eficienței întreprinderilor. Această lucrare prezintă potențialul impact al tehnologiei agent asupra instruirii angajaților pentru a realiza acțiunile potrivite și a reduce rata de erori care ar putea să apară. În plus, s-a realizat un studiu de cercetare pe baza analizei literaturii de specialitate, care a dezvăluit avantajele tehnologiei agent în simularea unui mediu în care operatorii umani pot fi instruiți la croire fără a face risipă de material, prin utilizarea pieilor scanate digital. S-a dezvoltat o arhitectură client-server având rolul de a păstra capitalul intelectual în cadrul companiei și de a facilita un transfer ușor al cunoștințelor de la experți la personalul neinstruit.

**CUVINTE CHEIE:** agenți inteligenți, multi-agent, tehnologii inovative, piele, training.

### DES AGENTS INTELLIGENTS POUR LA MODÉLISATION ET LE CONTRÔLE DES PROCESSUS DE L'INDUSTRIE DU CUIR

**RÉSUMÉ.** Sans doute, les ressources humaines sont essentielles pour réussir dans n'importe quelle entreprise et l'industrie du cuir et de la chaussure ne fait pas exception. Toutefois, "l'exploitation" du potentiel réel du capital intellectuel, l'identification des ressources essentielles et des domaines de la connaissance est un grand objectif. À cet égard, aujourd'hui, la technologie peut aider énormément à atteindre cet objectif en aidant les gestionnaires à prendre des décisions et en stimulant l'efficacité des entreprises. Cet article présente le possible impact de la technologie agent sur la formation des employés à l'égard de prendre les mesures appropriées et de réduire le taux d'erreurs qui peuvent survenir. En outre, on a réalisé une étude basée sur l'analyse de la littérature de recherche, qui a révélé les avantages de la technologie agent en simulant un environnement où les opérateurs humains peuvent être formés à couper les cuirs sans gaspillage de matériel, en utilisant les cuirs numérisés. On a développé une architecture client-serveur qui a le rôle de retenir le capital intellectuel dans l'entreprise et de faciliter un transfert harmonieux des connaissances d'experts envers le personnel non-formé.

**MOTS CLÉS:** agents intelligents, systèmes multi-agents, technologies innovantes, cuir, formation.

## INTRODUCTION

Intelligent agents are innovative technologies that bring numerous benefits to their owners or users by automating complex distributed systems, controlling industrial processes or retrieving and filtering information. Furthermore, intelligent agents are software programs possessing knowledge and an ability to behave with some degree of independence to

## INTRODUCERE

Agenții inteligenți sunt tehnologii inovative care aduc numeroase beneficii proprietarilor sau utilizatorilor lor, prin automatizarea sistemelor complexe distribuite, controlează procesele industriale, extrag și filtrează informația. Mai mult, agenții inteligenți sunt programe software care dețin cunoștințe, precum și abilitatea de a manifesta un comportament cu un anumit grad de independentă,

\* Correspondence to: Sergiu-Adrian GUTA, INCDTP - Division: Leather and Footwear Research Institute, 93 Ion Minulescu St., 031215, Bucharest, Romania, email: guta.sergiu@icpi.ro

carry out actions to attain specified goals. They are designed to operate in dynamically changing or unstable environments.

Although the term “agent” is widespread in the literature on artificial intelligence, software engineering and robotics, it is on rare occasions defined and its existing definitions are vague. While there is no general accepted definition of an agent, the concept is used to describe software components that have their own thread of control.

Wooldridge and Jennings [1] defined an agent as a system that has the following properties:

- autonomy: agents are capable of independent actions without direct intervention of a human operator, and have control over their actions and internal state;
- social abilities: agents communicate with other agents via an agent-communication language;
- reactivity: agents perceive their environment (physical world, Internet, a group of other agents) and react promptly to changes that occur in order to attain their designed aims;
- pro-activeness: agents are able to take initiative exhibiting goal-oriented behaviour.

Researchers in the field of artificial intelligence offered numerous definitions of an agent ranging from very simple to very complex. One of the most used definitions is given by Russel and Norvig (2010), who stated that: "...an agent is just something that acts (agent comes from the Latin *agere*, to do). Of course all computer programs do something, but computer agents are expected to do more: operate autonomously, perceive their environment, persist over a prolonged time, adapt to change, and create and pursue goals." [2].

Pattie Maes (1995) defines agents as follows: "...autonomous agents are computational systems that inhabit some complex dynamic environment, sense and act autonomously in this environment, and by doing so realize a set of goals or tasks for which they are designed." [3].

Moreover, Hayes-Roth proclaims that "...intelligent agents continuously perform three functions: perception of dynamic conditions in the environment; action to affect conditions in the environment; and

executănd acțiuni în mod autonom pentru a atinge obiectivele specificate. Agenții sunt proiectați să opereze în medii dinamice și instabile.

Cu toate că termenul “agent” este larg răspândit în literatura referitoare la inteligența artificială, ingineria software și robotică, acesta este foarte rar definit, iar definițiile existente sunt foarte vagi. Deși nu există o definiție general acceptată a termenului agent, conceptul este folosit pentru a descrie componentele software care au propriile fire de control.

Wooldridge și Jennings [1] definesc un agent ca fiind un sistem care are următoarele proprietăți:

- autonomie: agenții sunt capabili de a realiza acțiuni independente fără intervenția directă a operatorului uman și au control asupra acțiunilor și a stării interne;
- abilități sociale: agenții comunică cu alți agenți prin intermediul unui limbaj agent-comunicare;
- reactivitate: agenții percep mediul în care se află (lumea fizică, Internetul, un alt grup de agenți) și reacționează prompt la schimbările care apar pentru a atinge obiectivele stabilite;
- pro-activitate: agenții sunt capabili de a avea inițiativă, manifestând un comportament orientat spre atingerea obiectivelor.

Cercetătorii din domeniul inteligenței artificiale au oferit numeroase definiții ale termenului agent, de la cele foarte simple până la cele foarte complexe. Una dintre cele mai utilizate definiții este cea dată de Russel și Norvig (2010), care afirmă următoarele: "...un agent este ceva care acționează (termenul agent provine din latinescul *agere*, a face). Desigur, toate programele software fac ceva, dar agenții software fac mai mult: operează autonom, percep mediul în care se află, persistă timp îndelungat, se adaptează schimbărilor, își creează și își urmăresc scopurile" [2].

Pattie Maes (1995) definește agenții după cum urmează: "...agenții autonomi sunt sisteme computaționale care se află într-un mediu dinamic și complex, percep și acționează autonom în acest mediu, iar prin acestea realizează un set de obiective sau sarcini pentru care au fost proiectați." [3].

Mai mult, Hayes-Roth proclama că "...agenții inteligenți execută în mod continuu trei funcții: percepția condițiilor dinamice din mediu; acțiunea care influențează condițiile din mediu; raționamentul

reasoning to interpret perceptions, solve problems, draw inferences, and determine actions.” [4].

In the literature of artificial intelligence we find various synonyms of the term “Intelligent agent”, such as software agent, robot, taskbot, softbot, knowbots, Userbot etc.

All intelligent agents are programs, but not all programs are agents.

pentru interpretarea percepțiilor, rezolvarea problemelor, tragerea concluziilor și determinarea acțiunilor” [4].

În literatura de specialitate cu privire la inteligență artificială găsim diferite sinonime ale termenului "agent intelligent" precum agent software, robot, taskbot, softbot, knowbots, Userbot etc.

Toți agenții inteligenți sunt programe, dar nu toate programele sunt agenți.

Table 1: Comparison between an agent and a software program

Tabelul 1: Comparație între un agent și un program software

Characteristics Caracteristici	Agent Agent	Software program Program software
Size Dimensiune	Small <i>Mică</i>	Big <i>Mare</i>
Autonomy Autonomie	An agent doesn't need the user's input to function <i>Un agent nu are nevoie de ajutorul utilizatorului pentru a funcționa</i>	Usually a software needs to be launched by a user <i>De obicei, un software trebuie lansat în execuție de un utilizator</i>
Goal Scop	Specific goal <i>Scop specific</i>	Multi-functional <i>Multi-funcțional</i>
Persistence Persistență	Some degree of independence on a user launching and quitting it <i>Un anumit grad de independență față de lansarea și închiderea execuției</i>	Dependent on a user launching and quitting it <i>Dependent de utilizator pentru a fi lansat în execuție și pentru oprirea execuției</i>

One of the most powerful tools for dealing with various complex problems is modularity. In this respect, agents are very powerful for making modular systems. A global problem can be itemised into a number of smaller parts that are easier to develop and control.

It can be concluded that an intelligent agent is an entity that is immersed in a dynamic environment, perceives its environment through sensors and acts upon the environment through effectors (actuators). A human has eyes, noses, ears, and other organs for sensors, and hands, legs, and other body parts for effectors. An intelligent agent has cameras and infrared range finders for sensors and diverse motors for actuators.

Currently, agents are applied in various domains such as industrial process control, information filtering and retrieval, user design interface, in modelling complex distributed systems.

Unul dintre cele mai puternice instrumente pentru abordarea problemelor complexe este modularitatea. În acest sens agenții inteligenți sunt instrumente foarte puternice pentru a face sisteme modulare. O problemă globală poate fi divizată într-o serie de părți mai mici care sunt mai ușor de dezvoltat și de controlat.

Se poate concluziona că un agent intelligent este o entitate cufundată într-un mediu dinamic, percep mediul în care se află prin intermediul senzorilor și acționează asupra mediului prin elementele de execuție (actuatori). Un om are ochi, nas, urechi și alte organe care funcționează ca senzori, și mâini, picioare și alte părți ale corpului care servesc drept elemente de execuție (actuatori). Un agent intelligent are camere, unde infraroșu care servesc ca senzori și diverse motoare care funcționează ca actuatori.

În prezent, agenții inteligenți sunt folosiți în diferite domenii industriale, cum ar fi controlul proceselor industriale, filtrare și extragere de informații, design interfețe utilizator, precum și în modelarea sistemelor complexe distribuite.

Some researchers in the field of artificial intelligence proposed some agent-based frameworks for automating or semi-automating some phases of production, managing complex supply chains and also for decision support.

Shen et al. (1999) [5] developed a collaborative agent system architecture in which agents collaborate with each other to carry out certain tasks. It was an Internet-based multi-agent system appropriate for managing complex supply chains in large manufacturing companies.

Pathak et al. (2000) [6] proposed an agent-based system for assisting decision making in a supply chain and for efficient and effective usage of Electronic Data Interchange (EDI). The developed system simulates and controls on-line negotiation processes.

Turowski (2002) [7] concluded that the inter-enterprises procurement, coordination of production in mass customization and data exchange could be improved by using multi-agent technology.

The paper explores the integration of multi-agent technologies, simulation and problem modelling within leather-footwear industry. Subsequently, a multi-agent framework has been investigated to train human operators in cutting components from a hide in order to minimize material waste. Finally, this paper demonstrates that agent-based technologies and human resources can complement one-another.

## METHODS

The methods used in the study are the literature review, observation and conceptual modelling. This paper follows the generally accepted agent architecture when developing intelligent agents. Agent architecture is shown in Figure 1.

Unii cercetători din domeniul inteligenței artificiale au propus o serie de framework-uri bazate pe agenți pentru automatizarea sau semi-automatizarea unor faze de producție, gestionarea lanțurilor complexe de aprovizionare și, de asemenea, pentru asistare în luarea deciziilor.

Shen et al. (1999) [5] au dezvoltat o arhitectură de sistem de agent de tip colaborativ în care agenții colaborează între ei pentru a efectua anumite sarcini. Este vorba despre un sistem care folosește tehnologia multi-agent, bazat pe Internet, pentru gestionarea lanțurilor de aprovizionare în întreprinderile mari de producție.

Pathak et al. (2000) [6] au propus un sistem bazat pe agenți pentru asistarea luării deciziilor într-un lanț de aprovizionare și pentru utilizarea eficientă și efectivă a schimbului electronic de date (EDI). Sistemul dezvoltat simulează și controlează procesele de negocieri on-line.

Turowski (2002) [7] a concluzionat că achizițiile inter-întreprindere, coordonarea producției în masă și schimbul de date ar putea fi îmbunătățite prin utilizarea tehnologiei multi-agent.

Lucrarea explorează integrarea tehnologiilor multi-agent, simularea și modelarea de probleme în cadrul industriei de pielărie-încălțăminte. Ulterior se avansează o arhitectură multi-agent pentru instruirea operatorilor umani în tăierea componentelor din piei de animale, în scopul de a minimiza pierderile de material. În cele din urmă, prezenta lucrare demonstrează că tehnologiile bazate pe agenți și resursele umane se pot completa reciproc.

## METODE

Metodele folosite în studiu sunt cercetarea bibliografică, observarea și modelarea conceptuală. Această lucrare urmărește linia de arhitectură agent general folosită în dezvoltarea de agenți inteligenți. Arhitectura agent este prezentată în Figura 1.

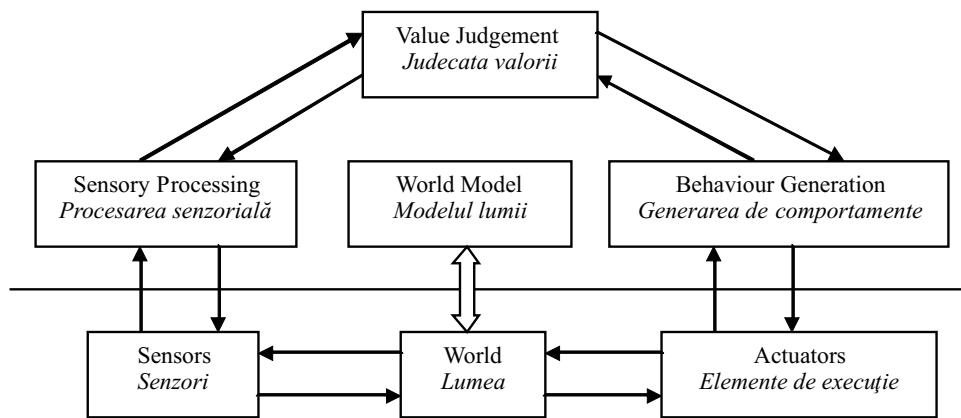


Figure 1. An intelligent system-agent (adapted from Meystel and Albus, 2002) [8]  
 Figura 1. Agent intelligent (adaptat după Meystel și Albus, 2002) [8]

An intelligent system (agent) has two parts: internal and external. The internal part is composed of four elements: sensory processing, world model, behaviour generation, value judgement. Sensors and actuators are external parts which deal with inputs and outputs from/to the internal part.

Russell and Norvig (2010) [2] concluded that the relationship amongst agents, programs and architectures is the following:

$$\begin{aligned} \text{Agent} &= \text{Architecture} + \text{Program} \\ \text{Agent} &= \text{Arhitectură} + \text{Program} \end{aligned} \quad (1)$$

In addition, they asserted that the architecture might be a banal PC, or it might be special purpose hardware for particular tasks such as robotic cars, cameras, and other sensors.

Chiefly, the architecture transfers the precepts from the sensors to the program, executes the program, and communicates the program's action choices to the actuators (effectors).

## RESULTS AND DISCUSSION

### Implementation of Multi-Agent Systems in the Leather-Footwear Sector

This paper summarizes the architecture and concept proposed by Crispin A. et al. (2006) [9] who developed a training simulator using multi-agent

Un sistem intelligent (agent) are două părți: internă și externă. Partea internă este compusă din patru elemente: procesarea senzorială, modelul lumii, generarea de comportamente, judecata valorii. Senzorii și elementele de execuție sunt părți externe, care se ocupă cu intrările și ieșirile de la/către partea internă.

Russell și Norvig (2010) [2] au concluzionat că relația dintre agenți, programe și arhitecturi este următoarea:

În plus, ei au afirmat că arhitectura unui agent ar putea fi un banal PC, sau ar putea fi un hardware cu destinație specială pentru realizarea unor sarcini specifice, cum ar fi mașinile robotizate, aparatelor de fotografiat, și alți senzori.

În principal, arhitectura transferă percepțiile de la senzori la program, execută programul și comunică deciziile de acțiune programului pentru a fi executate de actuatori (efectori).

## REZULTATE ȘI DISCUȚII

### Implementarea sistemelor multi-agent în sectorul de piele-încălțăminte

Această lucrare prezintă arhitectura și conceptul propus de Crispin A. et al. (2006) [9], care au dezvoltat un simulator folosind tehnologia multi-agent în scopul de a

technology in order to train human operators in cutting leather without wasting any material by using digitally scanned components of shoes and hides.

In order to maximize material utilisation, the operator will be assisted by the simulator which will monitor his actions and make assessment of leather utilisation. The training simulator uses a multi-agent architecture (consists of more than one agent, interacting with one-another).

A virtual lay plan has been developed for simulating cutting components from a leather. The simulator has the capability of reading and manipulating polygon file formats. Petrescu et al. [10] have developed a software application, "Intelligent System of Designing Footwear – ICAFD", for footwear model design, which is able to extract patterns of footwear components. Footwear components generated by the application can be used in the simulator. The simulator uses digitally scanned leathers and components in polygon format. The user can define the number of components that need to be cut. Also components can be moved, rotated, dragged on the leather to maximize material utilization.

It is well known that the way in which components have to be placed on the leather in order to minimize material waste is difficult due to the fact that leathers are irregular – no two leathers are the same. Also we cannot cut from regions of improper quality. In this respect, agent technology has been used to provide guidance for components placement on the leather.

In order to provide assistance to the operator, the simulator uses a simple reflex agent which acts only on the basis of the current percept. The agent function is based on the condition-action rule: if condition then action. Figure 2 describes a diagram of structure of reflex agents.

instrui operatorii umani în tăierea pieilor la croire și de a elimina risipa de material prin utilizarea componentelor de încăltăminte și a pieilor scanate digital.

În scopul maximizării utilizării materialelor, operatorul va fi asistat de simulator care va monitoriza acțiunile operatorului și va face evaluarea utilizării pieilor. Simulatorul de instruire a operatorilor umani folosește o arhitectură multi-agent (formată din mai mulți agenți care interacționează unul cu celălalt).

A fost dezvoltat un mediu virtual pentru simularea tăierii de componente dintr-o piele. Simulatorul are capacitatea de a citi și manipula formatele de fișier de tip poligon. Petrescu et al. [10] au dezvoltat o aplicație software, "Sistem Inteligent de Proiectare a Încăltămintei – ICAFD", pentru proiectarea de modele de încăltăminte, care are capabilitatea de a extrage tiparele pieselor componente ale încăltămintei. Componentele încăltămintei generate de aplicație pot fi folosite în cadrul simulatorului. Simulatorul utilizează piele și componente scanate digital în format poligon. Utilizatorul poate defini numărul de componente care sunt necesare pentru tăiat. De asemenea, componentele pot fi mutate, rotite, trase pe piele cu opțiunea "drag and drop" pentru a maximizarea utilizării materialului.

Este bine cunoscut faptul că modul în care componente trebuie să fie plasate pe piele în scopul de a reduce la minimum pierderile de material prezintă dificultăți din cauza faptului că piele sunt neregulate – nu există două piei la fel. De asemenea, nu putem tăia din zonele de calitate necorespunzătoare ale pielii. În acest sens, tehnologia agent a fost folosită pentru a oferi îndrumare pentru plasarea componentelor pe piele.

În scopul de a oferi asistență operatorului, simulatorul utilizează un agent simplu reflex, care acționează numai pe bază de percepție curentă. Funcția agent se bazează pe regula condiție-acțiune (IF THEN): dacă condiție atunci acțiune. Figura 2 descrie diagrama de structură a agentului reflex.

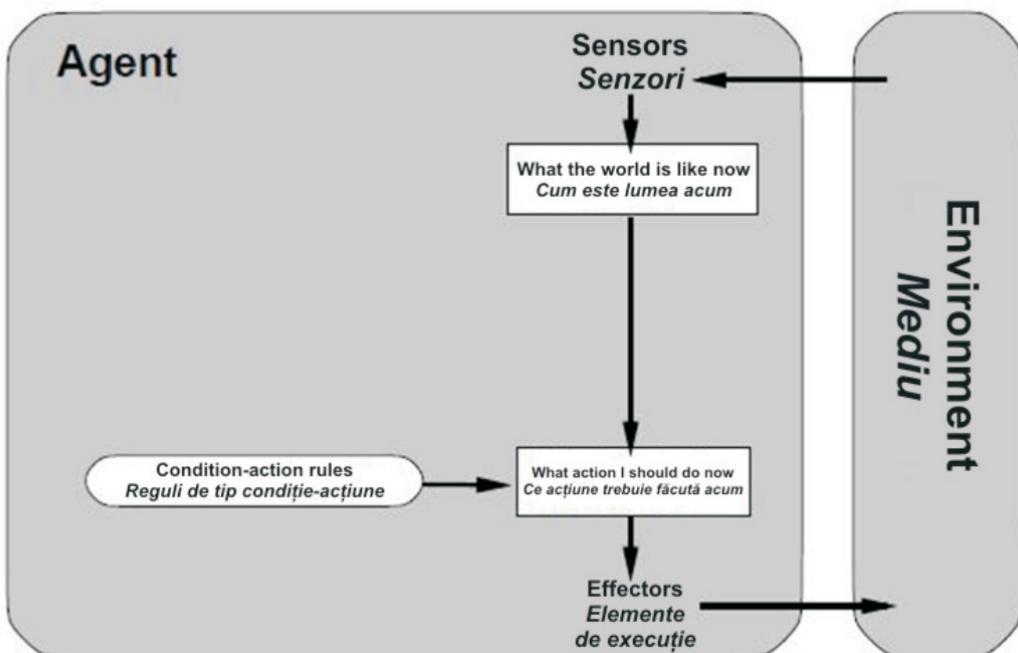


Figure 2. Simple Reflex Agent  
Figura 2. Agent simplu reflex

The agent senses the lay-plan environment and the positions of leathers and components. The knowledge regarding the peculiarities of the leathers and components are hard coded; thus, if, for example, the current component overlaps leather boundary then a message, "boundary overlap", is displayed and subsequently the agent provides alternative actions.

To successfully accomplish the designed goals of the training simulator, the agents cooperate and negotiate with each other like people do. Each agent is implemented as an independent entity, which runs concurrently in different processor threads. The training simulator developed by Crispin A. et al. (2006) [9] used the following agents:

- overlap agent (checks the border of current shape);
- region placement agent (is responsible for placing component parts in regions of proper quality and avoiding regions of improper quality on the hide);
- direction agent (controls the position of components on the hide);
- supervisor agent (supervises the actions of other agents).

Agentul percepse mediul virtual și poziția pieilor, precum și a componentelor folosite ca machetă pentru tăierea pieselor din piele. Cunoștințele privind particularitățile pieilor și a componentelor sunt codate hardware; astfel, dacă, de exemplu, componența actuală este plasată peste piele și depășește conturul acesteia, un mesaj de genul "depășire frontieră material" este afișat și, ulterior, agentul sugerează acțiuni alternative.

Pentru a realiza cu succes obiectivele stabilite ale simulatorului de training, agenții cooperează și negociază între ei la fel cum fac oamenii. Fiecare agent este implementat ca o entitate independentă, care rulează simultan în diferite fire de procesare. Simulatorul de training elaborat de Crispin A. et al. (2006) [9] au folosit următorii agenți:

- agent de graniță sau suprapunere (verifică conturul formei curente);
- agent de poziționare (este responsabil cu plasarea părților componente în acele zone ale pielii care au o calitate corespunzătoare și evită zonele de calitate necorespunzătoare);
- agent de direcționare (controlează poziția componentelor pe piele);
- agent supervisor (supravezează acțiunile celorlalți agenți).

Derived from scientific literature, the paper advances a conceptual model and an agent-based prototype for leather industry.

The benefits of using this agent-based prototype could be summarized as follows:

- i. Minimizing material waste;
- ii. Helps workers do their jobs and save time through better decision making and problem solving;
- iii. The assessment of leather cutters to award accreditation;
- iv. The possibility of offering training as a service;
- v. Diffuses best practices from experts to workers.

### e-Automation in the Leather-Footwear Sector

A novel concept, "e-Automation", that defines a new generation of automation systems, has been developed at the University of Liverpool. This combines the advantages of agents and IP networks for information management, monitoring, and real-time control of distributed industrial systems - Buse D.P. et al. (2007) [11].

This work has developed a model using client-server architecture and agents in order to retain intellectual capital and provide training to workers in leather-footwear sector.

In a client/server architecture a number of devices such as sensors, actuators which incorporate embedded processors are connected via a network to one or more servers. In Figure 3 is shown a client-server architecture with more than one client and more server that are connected via LAN/WLAN network.

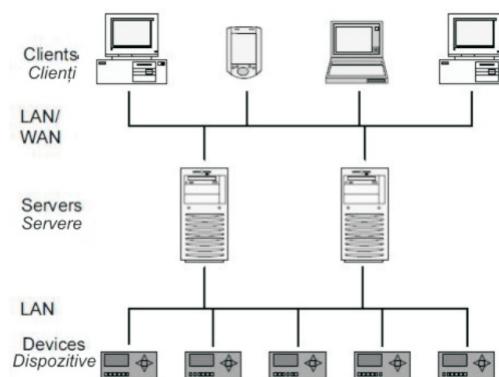


Figure 3. Client-server architecture (adapted from Buse D.P., Wu Q.H., (2007))

Figura 3. Arhitectura client-server (adaptată după Buse D.P., Wu Q.H., (2007))

Lucrarea avansează un model conceptual și un prototip bazat pe folosirea agenților în industria de piele.

Beneficiile utilizării acestui prototip bazat pe agenți ar putea fi rezumate după cum urmează:

- i. Minimizarea pierderilor de material;
- ii. Oferă sprijin muncitorilor în realizarea sarcinilor de muncă mai eficient prin luarea unor decizii mai bune și mai rapide;
- iii. Evaluarea abilităților croitorilor în vederea oferirii unor certificate de atestare profesională;
- iv. Posibilitatea de a oferi servicii de formare profesională;
- v. Asigură difuzarea celor mai bune practici de la experți către personalul în curs de formare.

### e-Automatizare în sectorul de piele-încălțăminte

Un concept nou, "e-Automatizare", care definește o nouă generație de sisteme de automatizare a fost dezvoltat la Universitatea din Liverpool. Aceasta combină avantajele date de agenți și rețele IP pentru managementul informației, monitorizare și controlul în timp real a sistemelor distribuite industriale - Buse D.P. et al. (2007) [11].

Această lucrare prezintă un model care utilizează arhitectura client-server și agenți software, în scopul păstrării capitalului intelectual și asigurării instruirii lucrătorilor din sectorul de piele-încălțăminte.

Într-o arhitectură client-server, o serie de dispozitive, cum ar fi senzori, actuatori care au procesoare integrate sunt conectate printr-o rețea la unul sau mai multe servere. În Figura 3 este prezentată o arhitectură de tip client/server cu mai mulți clienți și mai multe servere care sunt conectate printr-o rețea LAN/WLAN.

In the proposed model based on a client/server architecture, at one end of the network resides a server, and at the other end more clients (computers running lay-plan trainer simulator). In this case the server allows retaining of intellectual capital, so the organization knowledge can be accessed anytime anywhere via Internet. Moreover, proficient leather cutters can monitor actions of novice cutters in a centralized manner - all information from different clients (who represent in our study novice cutters) are sent to a server. A MySQL database has been developed to store information regarding leather cutters assessment and to retain intellectual capital within the organisation. A connection is established between the lay-plan simulator and MySQL server via a scripting language such as PHP or an agent.

An agent collects the information from the clients and transmits it to the server. The connection between server and clients is performed via sockets using TCP/IP protocol. A socket address is the combination of an IP address (the location of the computer) and a port (which is mapped to the application program process) into a single identity.

În modelul propus bazat pe arhitectura client/server, la un capăt al rețelei există un server, iar la celălalt capăt sunt mai mulți clienți (calculatoare care rulează simulatorul virtual de training). În acest caz, serverul permite stocarea capitalului intelectual, astfel încât cunoștințele organizației pot fi accesate oriunde și oricând prin intermediul Internetului. În plus, tăietorii de piele experimentați pot monitoriza acțiunile croitorilor în curs de formare într-un mod centralizat - toate informațiile de la diferenți clienți (care reprezintă în cazul studiului actual croitori în curs de formare profesională) sunt trimise la un server. S-a dezvoltat o bază de date MySQL pentru a stoca informații despre evaluarea tăietorilor de piele în formare și pentru stocarea capitalului intelectual în cadrul organizației. Conexiunea se stabilește între simulator și serverul MySQL de baze de date prin intermediul unui limbaj de scripting, cum ar fi PHP, sau printr-un agent.

Un agent colectează informațiile de la clienți și le transmite serverului. Conexiunea între server și clienți se realizează prin socket-uri folosind protocolul TCP/IP. O adresă socket este o combinație dintre o adresă IP (locul de amplasare a computerului) și un port (care este mapat la procesele aplicației), într-o identitate unică.

Tabel	Acțiune	Înregistrări	Tip
client_assessment		0	MyIS
expert_knowledge		0	MyIS
2 tabele	Sumă	0	MyIS

Figure 4. MySQL database  
Figura 4. Baza de date MySQL

This model provides concurrent services to multiple trainees. The lay plan simulator resides on server and can be accessed by trainees regardless of their computer architecture. Multi-agent technology has been used to perform multiple tasks at one time such as fielding simultaneous requests from many clients (training simulator).

The advantage of using "hybrid" architecture is that the training simulator resides on a single server instead of being distributed to each client, which also would imply supply costs. Thus the developer has a better control of software running on the server. This type of architecture allows centralized management of information, retaining and sharing of knowledge. The model can be used to provide training as a service to various workers in the leather-footwear industry and also to assess the skills of workers in diverse domains.

## CONCLUSIONS

This paper has presented a study of multi agent systems based on literature review, which emphasized the benefits of using intelligent agents in various fields. A particular case of using intelligent agents in training workers in cutting leather in order to minimise material waste has been investigated. Furthermore, a model has been developed, which uses a novel concept - e-Automation, which combines the benefits of agents with IP networking. The proposed model allows a centralised management of information, retaining of intellectual capital and the capability of monitoring and assessing the actions of users.

Although agent technology has an exceptional role in computing applications, it also has drawbacks. To be comfortable with the idea of delegating tasks to agents, we have to trust them. Individuals and organizations alike will have to become more accustomed to and confident of the idea of autonomous software components, if they are to become widely used.

Acest model oferă servicii simultane mai multor croitori de piele care sunt în curs de formare profesională. Simulatorul este stocat pe server și poate fi accesat de către croitorii de piele indiferent de arhitectura calculatorului de care ei dispun. Tehnologia multi-agent a fost folosită pentru a efectua mai multe sarcini în același timp, cum ar fi primirea și trimiterea de cereri simultane la și de la mai mulți clienți.

Avantajul folosirii arhitecturii "hibrid" este acela că simulatorul de formare profesională se află pe un singur server în loc să fie distribuit la fiecare client, fapt ce ar implica, de asemenea, costuri suplimentare. Astfel, dezvoltatorul are un control mai bun al software-ului care rulează pe server. Acest tip de arhitectură permite gestionarea centralizată a informațiilor, păstrarea și schimbul de cunoștințe. Modelul poate fi folosit pentru a oferi cursuri de formare profesională lucrătorilor din industria de pielărie încălțăminte și, de asemenea, pentru a evalua aptitudinile lucrătorilor din diverse domenii.

## CONCLUZII

Această lucrare prezintă un studiu al sistemelor multi-agent realizat pe bază de cercetare bibliografică, care a scos în evidență beneficiile utilizării agenților inteligenți în diverse domenii. S-a investigat un caz particular de utilizare a agenților inteligenți în instruirea lucrătorilor în tăierea pieilor, în scopul de a reduce la minimum pierderile de material. În plus, a fost dezvoltat un model care folosește un concept nou - e-Automation, care combină beneficiile agenților inteligenți cu cele ale rețelelor IP. Modelul propus permite o gestionare centralizată a informațiilor, reținerea capitalului intelectual în cadrul organizației și furnizează capacitatea de monitorizare și evaluare a acțiunilor utilizatorilor.

Deși tehnologia agent are un rol excepțional în aplicațiile informaticе, ea are, de asemenea, dezavantaje. Pentru a accepta ideea de delegare a sarcinilor către agenți, trebuie să ai încredere în ei. Indivizi și organizații deopotrivă vor trebui să devină mai obișnuiți și încrezători în ceea ce privește ideea de componente software autonome, în cazul în care vor fi utilizate pe scară largă.

One direction of future work is to develop other agents to assess actions of workers in the diverse phases of footwear manufacturing. In this respect, agents, autonomous software entities, can sense the environment change and react in a timely manner to changes providing feedback on user actions. The agents ought to impose some boundaries in order to avoid error occurrence and check legality of actions requested by workers before performing them. For example, if a user tries to cut parts from a leather that has regions of unacceptable quality, the agent has to send warnings and provide alternative options.

#### Acknowledgements

This work has been financed by the European Fund for Regional Development and the Romanian Government in the framework of Sectoral Operational Programme under the project INNOVA-LEATHER: «Innovative technologies for leather sector increasing technological competitiveness by RDI, quality of life and environmental protection» – contract POS CCE-AXA 2-O 2.1.2 no. 242/20.09.2010 ID 638 COD SMIS – CSNR 12579.

O direcție viitoare de lucru este dezvoltarea de agenți pentru a evalua acțiunile lucrătorilor în diverse faze din procesul de fabricare a încălțăminte. În acest sens, agenții, entități software autonome, pot percep schimbările în mediu și pot reacționa în timp util la acestea oferind un feedback cu privire la acțiunile utilizatorului. Agenții ar trebui să impună anumite limite pentru a evita apariția erorilor și pentru a verifica legalitatea acțiunilor solicitate de către lucrători înainte de efectuarea lor. De exemplu, dacă un utilizator încearcă să taiă părți dintr-o piele care are regiuni de calitate inacceptabilă, agentul trebuie să trimită avertismente și să ofere opțiuni alternative.

#### Mulțumiri

Această lucrare a fost finanțată de către Fondul European de Dezvoltare Regională și de către Guvernul României în cadrul Programului Operațional Sectorial, proiectul INNOVA-LEATHER: «Tehnologii inovative pentru sectorul de pielărie care să asigure creșterea competitivității prin CDI, calității vieții și protecția mediului» – contract POS CCE-AXA 2-O 2.1.2 nr. 242/20.09.2010 ID 638 COD SMIS – CSNR 12579.

## REFERENCES

1. Woolridge, M., Jennings, N., Intelligent Agents: Theory and Practice, *Knowl. Eng. Rev.*, **1995**, 10, 2, 115–152.
2. Russel, S., Norvig, P., Artificial Intelligence: A Modern Approach, third edition, **2010**, USA, Prentice Hall.
3. Maes, P., Artificial Life Meets Entertainment: Lifelike Autonomous Agents, Communication of the ACM, Massachusetts Institute of Technology (MIT) Media-Laboratory, **1995**.
4. Hayes-Roth, B., An Architecture for Adaptive Intelligent Systems, *Artificial Intelligence: Special Issue on Agents and Interactivity*, **1995**, 72, 329–365.
5. Shen, W., Ulieru, M., Norrie, D., Kremer, R., Implementing the Internet-Enabled Supply Chain through a Collaborative Agent System, Proceedings of Agents '99 Workshop on Agent Based Decision-Support for Managing the Internet-Enabled Supply-Chain, Seattle, **1999**, 55–62.
6. Pathak, S.D., Nordstrom, G., Kurokawa, S., Modelling of Supply Chain: A Multi-agent Approach, Proceeding on IEEE SMC 2000, Nashville, TN, **2000**.
7. Turowski, K., Agent-based e-commerce in Case of Mass Customization, *Int. J. Product. Econ.*, **2002**, 75, 69–81.
8. Albus, J., Meystel, A., Intelligent Systems: Architecture, Design, and Control, **2002**, New York: Wiley-Interscience.
9. Crispin, A., Clay, P., Bayes, T., Reedman, D., Agent Based Training Simulator for Leather Cutting, *Int. J. Adv. Manuf.*

- Technol.*, **2006**, 30, 995-999.
10. Petrescu, C.S., Petrescu, G.C., Berijan, Gh., Vasilescu, A.M., Azariadis, P., The Intelligent System of Designing Footwear (ICAFD) 2D Module, *Revista de Pielarie Incaltaminte (Leather and Footwear Journal)*, **2008**, 8, 3.
11. Buse, D.P., Wu, Q.H., IP Network-based Multi-agent Systems for Industrial Automation: Information Management, Condition Monitoring and Control of Power Systems, **2007**, London: Springer Science.