

## Study on removal of pollutants from wastewater by using the big data technology

# Badanie usuwania zanieczyszczeń ze ścieków przy użyciu technologii big data



DOI: 10.15199/62.2024.12.4

Usuwanie zanieczyszczeń (całkowitego węgla organicznego) ze ścieków papierniczych badano w reaktorze (10 mL) ze stopu Hastelloy pod ciśnieniem maks. 40 MPa w temp. maks. 600°C w obecności katalizatora  $\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  po dodaniu  $\text{H}_2\text{O}_2$  (1000–4000 mg/L) przez 1–4 min. Natężenia przepływu utleniacza i ścieków wynosiły 1–5 mL/min. Po schłodzeniu oczyszczonych ścieków do temperatury pokojowej powstały osad oddzielono przez filtrację. Skuteczność usuwania zanieczyszczeń osiągnęła 94,29%. Zastosowanie technologii *big data* do sterowania procesem spowodowało wzrost stopnia usunięcia do ponad 98%.

**Słowa kluczowe:** ścieki, usuwanie TOC, technologia *big data*

The pollutants (total org. C) removal from papermaking wastewater was studied in a continuous-flow Hastelloy alloy reactor (10 mL) under max. 40 MPa at max. 600°C in presence of  $\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  catalyst after addn. of  $\text{H}_2\text{O}_2$  (1000–4000 mg/L) for 1–4 min. The flow rates of the oxidant and wastewater streams were 1–5 mL/min. After cooling purified wastewater to the room temp., the precipitate formed was sepd. by filtration. The pollutants removal efficiency reached 94.29%. Use of big data technol. for controlling the process resulted in an increase of the removal efficiency up to over 98%.

**Keywords:** wastewater, TOC removal, big data technology

Technologia *big data* odnosi się do technik wymaganych do pozyskiwania, zarządzania i przetwarzania zbiorów danych, które nie mogą być pozyskiwane, zarządzane i przetwarzane przy użyciu konwencjonalnych narzędzi programowych w określonych ramach czasowych, obejmujących różne aspekty gromadzenia, przechowywania, przetwarzania, analizy, eksploracji i wizualizacji dużych zbiorów danych. Technologia ta jest szeroko stosowana w wielu dziedzinach, takich jak ochrona środowiska, przemysł chemiczny, opieka zdrowotna, finanse, edukacja, transport i energia. *Big data* jest zatem nową generacją technologii informatycznych, a także dziedziną usług technologicznych opartych na aplikacjach. Istniejące narzędzia programowe nie są jednak w stanie skutecznie wyodrębnić, przechowywać, wyszukiwać, udostępniać, analizować i przetwarzać ogromnych i złożonych zbiorów danych<sup>1–4</sup>. Wraz z szybkim rozwojem technologii komunikacyjnej coraz bardziej popularne stają się rozmaite czujniki, a infrastruktura sieciowa rozwija się bardzo szybko. Coraz więcej dziedzin, takich jak handel elektroniczny, finanse, reklama, biologia, opieka medyczna, logistyka i inne, zaczyna świadomie zbierać i gromadzić dużą liczbę danych oraz uzyskiwać wartość, która nigdy wcześniej nie była osiągnięta<sup>5–8</sup>. Ilość danych wygenerowanych w ciągu ostatnich 2 lat stanowi 90% całkowitej ilości danych historycznych, wśród których całkowita ilość danych

*Big data technology refers to the techniques required to capture, manage, and process data sets that cannot be captured, managed, and processed using conventional software tools within a certain time frame, covering various aspects of big data collection, storage, processing, analysis, mining, and visualization. It has been widely applied in many fields such as environmental protection, chemical industry, healthcare, finance, education, transportation and energy. Big data is hence a new generation of information technology, also an application-driven technology service field. However, the existing software tools cannot effectively extract, store, search, share, analyze and process massive and complex data collection<sup>1–4</sup>. With the rapid development of communication technology, various sensors are increasingly popular, and network infrastructure is developing at a high speed. More and more fields, such as e-commerce, finance, advertising, biology, medical treatment, logistics and so on, begin to consciously collect and accumulate a large number of data, and dig out the value that had never been before<sup>5–8</sup>. The amount of data generated in the past 2 years is 90% of the total amount of historical data, among which the total amount of data generated by China in 2019 is more than 0.8 ZB (equivalent to 800 million TB), twice the amount of data generated in 2017, equivalent to the total amount of global data in 2010<sup>9–11</sup>. Big data has penetrated into various industries, setting off another wave of information technology,*

\* Address for correspondence/Adres do korespondencji:

Heilongjiang Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang Province, 150050, China;  
e-mail: liuyongxian2005@hotmail.com

wygenerowanych przez Chiny w 2019 r. wynosi ponad 0,8 ZB (co odpowiada 800 mln TB), dwukrotnie więcej niż ilość danych wygenerowanych w 2017 r., co odpowiada całkowitej ilości danych globalnych w 2010 r.<sup>9-11</sup>). Technologia *big data* przeniknęła do różnych branż, uruchamiając kolejną falę technologii informatycznych, nadając nowy kierunek rozwojowi przemysłu i postępowi technologicznemu<sup>12-14</sup>). Wraz z szybkim rozwojem danych dotyczących zasobów informatyzacji rolnictwa rośnie ilość danych, ich struktura jest coraz bardziej złożona, a analiza danych i ich zastosowanie stają się coraz trudniejsze. W erze dużych zbiorów danych pracownicy rolnictwa wprowadzają technologię *big data* do rolnictwa, dzięki czemu wyszukiwanie, porównywanie, grupowanie i analiza danych są proste i skuteczne.

Szybki rozwój działalności człowieka spowodował ogólnosiątkowy wzrost zawartości azotu (N) i fosforu (P) w rzekach, jeziorach i wodach przybrzeżnych. Prowadzi to do znacznej eutrofizacji i wzrostu częstotliwości powstawania zakwitów toksycznych glonów<sup>15</sup>). Stężenia azotu i fosforanów w wodzie w Chinach są przytłaczająco wysokie<sup>16</sup>). Odprowadzanie ścieków zawierających wysokie stężenie azotu amonowego jest tu jednym z najważniejszych czynników. Wiele wysiłku poświęcono usuwaniu tej formy azotu ze ścieków. Tradycyjne metody obejmują m.in. biologiczną denitryfikację, usuwanie amoniaku, chemiczne wytrącanie za pomocą fosforanu magnezowo-amonowego i konwersję elektrochemiczną<sup>17</sup>). Biologiczna denitryfikacja jest najbardziej powszechnym procesem w usuwaniu azotu amonowego ze ścieków, jednak proces ten nadaje się tylko do usuwania stosunkowo niskich stężeń amoniaku ze względu na wymóg odpowiedniego stosunku C/N<sup>18</sup>). W procesie usuwania amoniaku wykorzystywana jest wieża desorpcyjna, która zużywa dużo energii. Wytrącanie chemiczne wymaga dodatkowych odczynników, które mogą wprowadzać nowe zanieczyszczenia do zbiorników wodnych. Metoda elektrochemiczna często wykorzystuje drogie metale lub tlenki metali jako elektrody, a także zużywa dużych ilości energii. W związku z tym konieczne jest opracowanie opłacalnej metody usuwania azotu amonowego ze ścieków.

Przeprowadzone badanie opierało się na technologii *big data* i miało na celu przekształcenie przestarzałego konwencjonalnego systemu sterowania, ponieważ systemowi temu brakowało automatyzacji i trudno było go zdalnie monitorować.

## Część doświadczalna

### Transformacja systemu sterowania z perspektywy *big data*

Po modernizacji system składał się z górnego komputera sterowanego za pomocą mini programów WeChat i umożliwiającego wtórny rozwój powiązanych systemów monitorowania oraz dolnego komputera, który wykorzystywał układy STM32 do sterowania i światłowodowej sieci pierścieniowej do kompletnej budowy interaktywnej sieci. Wprowadzono

*bringing a new direction for industry development and technological progress<sup>12-14</sup>). With the rapid growth of agricultural informatization resource data, the amount of data is increasing, the data structure is more and more complex, and the data analysis and application is more and more difficult. In the era of big data, agricultural workers introduce big data technology into agriculture, which makes data search, comparison, clustering and analysis simple and effective.*

*The rapid development of human activities resulted in a worldwide increase of nitrogen (N) and phosphorus (P) in rivers, lakes and coastal waters. It leads to considerable eutrophication and an increase in the frequency of toxic algae blooms<sup>15</sup>). The concentrations of nitrogen and phosphate in the water of China are all-pervading high<sup>16</sup>). The discharge of wastewater containing high concentration of ammonia nitrogen is one of the most important factors. Great efforts have been devoted to the removal of ammonia nitrogen from wastewater. Traditional methods include biological denitrification, ammonia-stripping, chemical precipitation with magnesium ammonium phosphate, electrochemical conversion<sup>17</sup> and so on. Biological denitrification is the most common process in the treatment of ammonia nitrogen wastewater. But the process is only suitable for the removal of relatively low ammonia concentration due to the requirement of appropriate C/N ratio<sup>18</sup>). Ammonia stripping makes use of stripping tower and consumes much energy. Chemical precipitation needs additional reagents, which may introduce new pollutants to water body. Electrochemical method often uses expensive metal or metal oxide as electrodes, and also consumes large quantity of energy. As a consequence, it is necessary to develop cost-effective method for the removal of ammonia nitrogen from wastewater.*

*This study was based on big data technology and aimed to transform the outdated control system as the conventional control system lacked automation and was difficult to be remotely monitored.*

## Experimental

### Control system transformation from the perspective of *big data*

*After the upgrading, the system consisted of upper computer controlled through WeChat mini programs and enabling the secondary development of related monitoring systems, and of lower computer which used STM32 chips for control and fiber optic ring network to complete interactive network construction. It introduced further cloud platform (Tencent) technology to achieve remote monitoring of the wastewater treatment plant. In order to scientifically treat the papermaking wastewater and effectively improve water quality, it was necessary to divide the original system into different sub stations,*



również technologię platformy chmurowej (Tencent) w celu zdalnego monitorowania oczyszczalni ścieków. W celu naukowego podejścia do oczyszczania ścieków papierniczych i skutecznej poprawy jakości wody, konieczne było podzielenie pierwotnego systemu na poszczególne podstacje, którymi były systemy monitorowania wlotu, reakcji i wylotu. Ponadto system monitorowania ścieków został podzielony na moduły, a mianowicie warstwę aplikacji, pośrednią i lokalną. W pierwszym przypadku składał się on głównie z serwerów i minioprogramów, które mogły dynamicznie wyświetlać stan pracy oczyszczalni ścieków. Główne komponenty modułu środkowego obejmowały sterowanie cyfrowe, sieć, mikrokontroler, analogowe pozyskiwanie danych i inne moduły. Powiązane funkcje podstawowe mogły zbierać dane z przyrządów na miejscu i sterować urządzeniami elektro-mechanicznymi na miejscu. Dzięki przetwarzaniu programowemu działanie sprzętu mogło być w sposób naukowy kontrolowane. Ten ostatni składał się z pomp ściekowych, przepływomierzy i suszarek sitowych. Urządzenia głównie odbierały instrukcje i zbierały parametry na miejscu.

### Aparatura i metodyka badań

Doświadczenia prowadzono w reaktorze o przepływie ciągłym. Reaktor (efektywna objętość 10 mL) został wykonany ze stopu Hastelloy. Maksymalne ciśnienie robocze wynosiło 40 MPa, a temp. 600°C. Strumień doprowadzającego utleniacza został przygotowany przez rozpuszczenie nadtlenu wodoru w wodzie dejonizowanej w zbiorniku zasilającym. Kolejny zbiornik zasilający został napełniony ściekami zawierającymi azot amoniakalny. Oba strumienie zasilające były poddawane ciśnieniu w 2 różnych liniach za pomocą 2 pomp wysokociśnieniowych, a następnie były oddzielnie wstępnie podgrzewane, aż temperatura reaktora osiągnęła żadaną wartość ( $\pm 0,1^\circ\text{C}$ ). Po wstępnym podgrzaniu oba strumienie zostały wymieszane na wlocie reaktora przy użyciu trójnika mieszającego. Po wyjściu z reaktora ścieki były szybko schładzane poprzez przejście przez wymiennik ciepła. Następnie cząstki, które prawdopodobnie powstały, zostały odfiltrowane przez 1-minutowy filtr liniowy, zanim ciśnienie ścieków nie zostało obniżone za pomocą regulatora ciśnienia wstecznego. Natężenia przepływu utleniacza i ścieków wynosiły 1–5 mL/min w warunkach pracy pompy. Ciśnienie w układzie było utrzymywane na żądanym poziomie ( $\pm 0,1$  MPa) przez regulator ciśnienia wstecznego. Strumień produktu został następnie rozdzielony na fazę ciekłą i parową. Ciekłe produkty zostały zebrane w cylindrze miarowym. Oznaczono TOC (całkowity węgiel organiczny).

### Wyniki badań i ich omówienie

#### Wpływ czasu reakcji na usuwanie TOC

Zgodnie z oczekiwaniami, wydłużenie czasu reakcji zwiększyło usuwanie TOC. Usuwanie TOC osiągnęło ok. 82,1% i 93% po odpowiednio 1 i 4 min. Można to wytłumaczyć nieodwracalnością utleniania substancji organicznych. Gdy

*which were the monitoring inlet, reaction, and outlet systems. In addition, the wastewater monitoring system was further divided into 3 modules, namely application, intermediate, and on-site layers. For the former, it was mainly composed of servers and mini programs, which could dynamically display the operating status of the wastewater treatment plant. The main components of the middle module included digital control, network, microcontroller, analog acquisition and other modules. The related core functions could collect on-site data from instruments and control on-site electromechanical devices. With the help of program processing, the operation of equipment could be scientifically controlled. The latter consisted of wastewater pumps, flow meters and screen drying machines. The devices mainly received instructions and collected on-site parameters.*

#### Apparatus and experimental procedures

*The reactor (effective volume 10 mL) was made of Hastelloy alloy. The experiments were performed in a continuous-flow reactor system. The maximum operating pressure was 40 MPa and temperature was 600°C. The oxidant feed stream was prepared by dissolving hydrogen peroxide with deionized water in a feed tank. Another feed tank was loaded with the ammonia nitrogen wastewater. The two feed streams were pressurized in 2 different lines using 2 high-pressure pumps and then they were separately pre-heated, until the reactor temperature had reached the desired value ( $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ). After pre-heating, two lines were mixed at the reactor inlet using a mixing tee. Upon exiting the reactor, the effluent was cooled rapidly by passing through a heat exchanger. Afterwards the particles, which would be formed presumably, were filtered out by a 1 min line filter, before the effluent was depressurized by a back-pressure regulator. The flow rates of the oxidant and wastewater were ranged from 1 to 5 mL/min at pump conditions. The system pressure was maintained at desired pressures ( $\pm 0.1$  MPa) by the back-pressure regulator. The product stream was then separated into liquid and vapor phases. The liquid products were collected in a graduated cylinder. The TOC (total organic carbon) was determined.*

### Results and discussion

#### Effect of reaction time on TOC removal

*As it was expected, rising reaction time increased the TOC removal. TOC removal reached about 82.1% and 93% after 1 and 4 min, respectively. This can be explained by an irreversibility of the oxidation of organics. When the reaction time rose, the reaction rate was accelerated, what resulted in an increase in the oxidation rate of organics. Therefore, the TOC removal efficiency increased.*

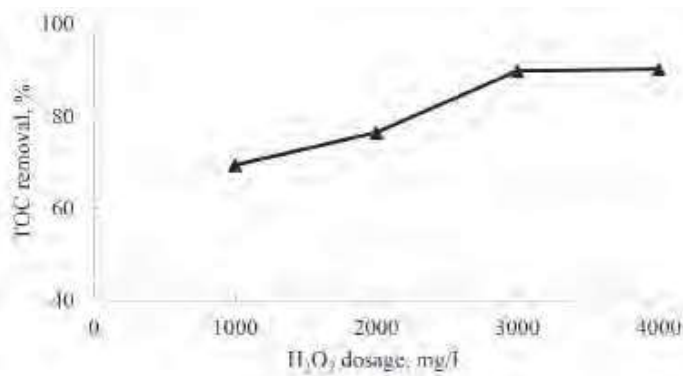


Fig. 1. Effect of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dosage on TOC removal

Rys. 1. Wpływ dawki H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na usuwanie TOC

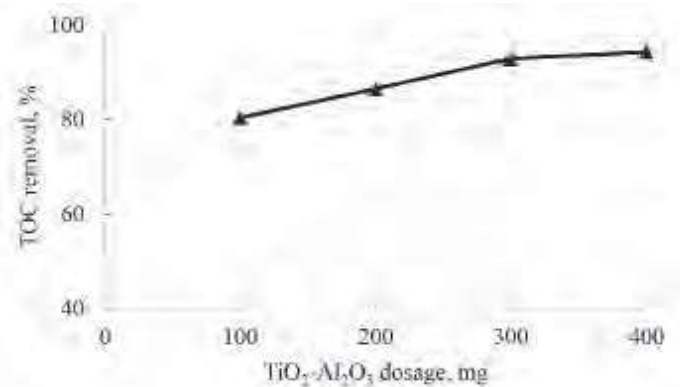


Fig. 2. Effect of TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on TOC removal

Rys. 2. Wpływ TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> na usuwanie TOC

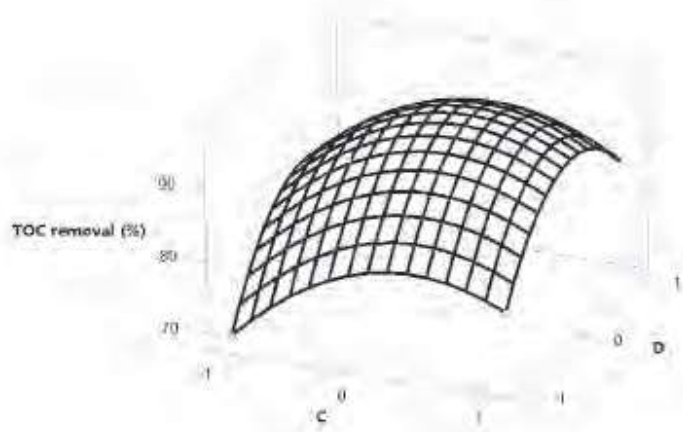


Fig. 3. Surface Plot of TOC removal, % vs D, C

Rys. 3. Wykres powierzchniowy usuwania TOC, % vs. D, C

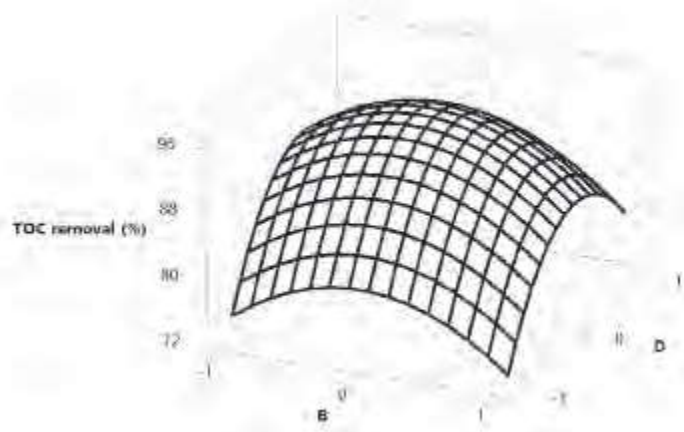


Fig. 4. Surface plot of TOC removal, % vs D, B

Rys. 4. Wykres powierzchniowy usuwania TOC, % vs. D, B

czas reakcji wzrósł, reakcja została przyspieszona, co spowodowało wzrost szybkości utleniania związków organicznych. W związku z tym skuteczność usuwania TOC wzrosła.

### Wpływ dawki H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na usuwanie TOC

Wpływ dawki H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na usuwanie TOC przedstawiono na rys. 1. Usuwanie TOC wzrastało wraz ze wzrostem dawki H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Gdy dawka H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> wynosiła ponad 3000 mg/L, tendencja wzrostowa usuwania TOC była już bardzo niewielka, więc zalecana dawka H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> wynosiła 3000 mg/L. Zwiększenie dawki H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> może być pomocne w tworzeniu silnych form utleniających (m.in. O<sub>2</sub><sup>•-</sup> i HO<sub>2</sub><sup>•</sup>). Dlatego wysoka dawka H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> może przyspieszyć utlenianie zanieczyszczeń organicznych.

### Wpływ TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> na usuwanie TOC

Wpływ TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> na usuwanie TOC przedstawiono na rys. 2. Usuwanie TOC rosło wraz ze wzrostem dawki TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Tendencja wzrostowa usuwania TOC była łagodna, gdy dawka TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wynosiła ponad 300 mg, więc zalecana dawka TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wynosiła 300 mg. Gdy dawka TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wynosiła 300 mg, skuteczność usunięcia TOC wyniosła 92,9%. Usuwanie TOC wynosiło 94,29%, kiedy dawka TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wynosiła 400 mg.

### Effect of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dosage on TOC removal

Effect of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dosage on TOC removal is presented in Fig. 1. The TOC removal increased with increasing H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dosage. The TOC removal increasing trend was gentle when H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dosage was over 3000 mg/L, so the appreciate H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dosage was 3000 mg/L. When H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dosage increased, it could be helpful for the formation of strong oxidation species (O<sub>2</sub><sup>•-</sup>, HO<sub>2</sub><sup>•</sup>, etc.). Therefore, high H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dosage could accelerate the oxidation of the organic pollutant.

### Effect of TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on TOC removal

Effect of TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on TOC removal is presented in Fig. 2. The TOC removal increased with increasing TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. The TOC removal increasing trend was gentle when TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dosage was over 300 mg, so the appreciate TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dosage was 300 mg. When TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dosage was 300 mg, TOC removal was 92.9%. TOC removal was 94.29% when TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dosage was 400 mg.

### Analysis of RSM results

As shown in Fig. 3 and 4, TOC removal of ammonia nitrogen-containing wastewater had a sharp increase as temperature ranged from 400 to 460°C. Similar results

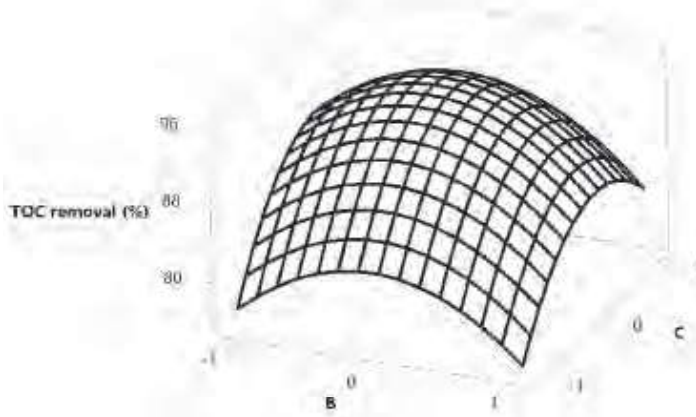


Fig. 5. Surface Plot of TOC removal, %, vs C, B

Rys. 5. Wykres powierzchniowy usuwania TOC, %, vs. C, B

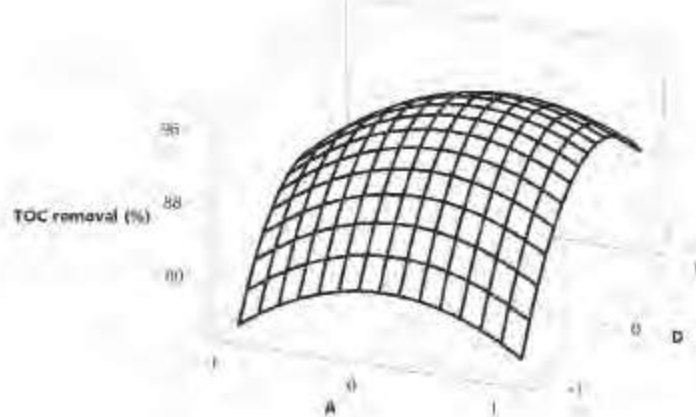


Fig. 6. Surface plot of TOC removal, %, vs D, A

Rys. 6. Wykres powierzchniowy usuwania TOC, %, vs. D, A

### Analiza wyników RSM

Jak pokazano na rys. 3 i 4, usuwanie TOC ze ścieków zawierających azot amoniakalny gwałtownie wzrastało wraz ze wzrostem temperatury w zakresie 400–460°C. Podobne wyniki uzyskano w poprzednich pracach Hu Zifang i współpr.<sup>18)</sup>. Badali oni katalityczne utlenianie w stanie nadkrytycznym wody (CSCWO) w wodnych ściekach  $\text{NH}_3$  na katalizatorach  $\text{Mn-M-O/TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  i zaobserwowali lepszą wydajność degradacji amoniaku w temp. 460°C na katalizatorach  $\text{Mn-Cu-O/TA}$ . Gao i Wang<sup>19)</sup> badali również CSCWO ścieków zawierających  $\text{NH}_3$ . Szybkość usuwania azotu amonowego ze ścieków można było zwiększyć poprzez zwiększenie temperatury i ciśnienia reakcji lub wydłużenie czasu reakcji. W optymalnych warunkach reakcji (czas 60 s, ciśnienie 30 MPa, temp. 460°C) stopień usuwania azotu amonowego bez katalizatora wynosił 53,7%. Po dodaniu katalizatorów  $\text{MnO}_2$  lub  $\text{CuSO}_4$  szybkość usuwania tej formy azotu znacznie wzrosła, do odpowiednio 86,9% i 92,4%.

Warstwa pozyskiwania danych zebrała różne nieprzetworzone dane ze źródłowej bazy danych. Po oczyszczeniu dane te zostały dodane do hurtowni danych. Następnie wygenerowano bibliotekę transakcji przy użyciu algorytmu ekstrakcji danych, która została następnie zaktualizowana i przekazana do hurtowni danych. Warstwa zarządzania danymi utworzyła wielowymiarowy model danych skupiony wokół systemu indeksów oceny i wprowadziła mechanizm odświeżania. Zachowując integralność oryginalnych danych, hurtownia danych została zaktualizowana na czas, aby odzwierciedlić najnowsze informacje w bazie danych, które zostały przesłane do dalszego przetwarzania. Wykorzystując funkcję przynależności, niepewności zostały przekształcane w pewności, a niejednoznaczności zostały określone ilościowo, umożliwiając ich analizę tradycyjnymi metodami matematycznymi. Na rys. 5 przedstawiono porównanie szybkości reakcji udoskonalonego algorytmu, a na rys. 6 porównanie dokładności algorytmu.

were found in previous works of Hu Zifang et al.<sup>18)</sup>. They studied catalytic supercritical water oxidation (CSCWO) of  $\text{NH}_3$  wastewater in supercritical water over  $\text{Mn-M-O/TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  and observed a preferable performance of ammonia degradation at 460°C on  $\text{Mn-Cu-O/TA}$  catalysts. Gao and Wang<sup>19)</sup> studied CSCWO of  $\text{NH}_3$ -containing wastewater. The removal rate of ammonia N from the wastewater could be increased by increasing the reaction temperature and the reaction pressure or extending the reaction time. Under the optimum conditions of reaction time 60 s, reaction pressure 30 MPa and reaction temp. 460°C, the ammonia N removal rate without catalyst was 53.7%. After addition of  $\text{MnO}_2$  or  $\text{CuSO}_4$  catalysts, the ammonia N removal rate increased significantly up to 86.9% and 92.4% respectively.

The data acquisition layer collected various raw data from the source database. Once cleaned, this data was added to the data warehouse. Subsequently, a transaction library was generated using a data extraction algorithm, which was then updated and provided to the data warehouse. The data management layer set up a multi-dimensional data model, centered around the assessment index system, and introduced a refresh mechanism. While preserving the integrity of the original data, the data warehouse was timely updated to mirror the database's latest information, and this data was transferred for further processing. Utilizing the membership function, uncertainties were converted into certainties, and ambiguities were quantified, enabling traditional mathematical methods to analyze them. In Fig. 5, the response speed comparison of the refined algorithm was shown, whereas in Fig. 6, the algorithm's accuracy comparison was depicted.

Compared with traditional algorithms, the big data technology proposed in the paper has shown significant advantages in both the initial and subsequent stages, with significantly improved response speed and an



W porównaniu z tradycyjnymi algorytmami, zaproponowana w artykule technologia *big data* wykazała znaczące zalety zarówno na etapie początkowym, jak i późniejszym, przy znacznie poprawionej szybkości reakcji i wskaźniku dokładności przekraczającym 98%. Dlatego też wykorzystanie modeli *big data* do oceny wykonalności oczyszczania ścieków ma znaczenie teoretyczne i praktyczne. Zajęto się niedociągnięciami poprzednich badań, które koncentrowały się głównie na szerszym obrazie złożonych ekosystemów i pomijały bardziej wpływowe badania podsystemów, które mają kluczowe znaczenie dla świadomego podejmowania decyzji i strategii operacyjnych. Ta metoda zapewniła bardziej kompleksowe przedstawienie skuteczności oczyszczania ścieków i była ściślej zintegrowana z praktycznymi potrzebami.

## Wnioski

Zbadano system oczyszczania ścieków oparty na technologii *big data*. Wyniki wykazały, że najlepszy osiągnięty poziom usuwania TOC wynosił 94,29%. W porównaniu z tradycyjnymi algorytmami, technologia *big data* zaproponowana w niniejszym artykule wykazała znaczące zalety zarówno na etapie początkowym, jak i późniejszym, przy znacznie poprawionej szybkości reakcji i wskaźniku dokładności przekraczającym 98%. Dlatego też wykorzystanie modeli *big data* do oceny skuteczności oczyszczania ścieków ma znaczenie teoretyczne i praktyczne. Oparty na bazie danych i analizie dużych zbiorów danych system diagnozowania i usuwania ścieków jest również dostępny dla warstwy percepcji danych, zapewniając pewne odniesienia i wskazówki dotyczące budowy inteligentnych systemów oczyszczania ścieków.

*accuracy rate of over 98%. Therefore, using big data models to evaluate the feasibility of wastewater treatment had theoretical and practical significance. It addressed the shortcomings of previous research, which mainly focused on the broader picture of complex ecosystems and overlooked the more influential subsystem studies that are crucial for informed decision-making and operational strategies. This method provided a more comprehensive representation of wastewater treatment effectiveness and was more closely integrated to meet practical needs.*

## Conclusions

*Wastewater treatment system based on big data technology was studied. The results indicated that the best TOC removal reached 94.29%. Compared with traditional algorithms, the big data technology proposed in this article has shown significant advantages in both the initial and subsequent stages, with significantly improved response speed and an accuracy rate of over 98%. Therefore, using big data models to evaluate the feasibility of wastewater treatment has theoretical and practical significance. A database based and big data analysis based wastewater treatment diagnosis and disposal system is also provided for the data perception layer, providing certain reference and guidance for the construction of smart wastewater treatment systems.*

Otrzymano: 03-10-2024

Zrecenzowano: 14-11-2024

Zaakceptowano: 03-12-2024

Opublikowano: 20-12-2024

## REFERENCES/LITERATURA

- [1] D. Acemoglu, P. Restrepo, *Am. Econ. Rev.* 2018, **108**, No. 6, 1488.
- [2] X. Chen, *Econ. Change. Restruct.* 2023, **56**, No. 1, 111.
- [3] T. Ciarli, M. Kenney, S. Massini, L. Piscitello, *Res. Policy* 2021, **50**, No. 7, 104289.
- [4] A. Hanelt, S. Firk, B. Hildebrandt, L.M. Kolbe, *Eur. J. Inf. Syst.* 2021, **30**, No. 1. 3.
- [5] W. Hu, J. Li, J. Cheng, H. Guo, H. Xie, *Comput. Commun.* 2020, **152**, 206.
- [6] M.L. Ross, *World Polit.* 1999, **51**, 297.
- [7] K.M. Morrison, *World Bank Res. Obs.* 2012, **27**, 52.
- [8] S.W. Yue, *J. Environ. Prot. Ecol.* 2021, **22**, 1358.
- [9] G. Smith, P. Nadebaum, *J. Environ. Manage.* 2016, **184**, 27.
- [10] J.D. Sachs, A.M. Warner, *Am. Econ. Rev.* 1997, **87**, 184.
- [11] J.D. Sachs, A.M. Warner, *J. Dev. Econ.* 1999, **59**, 43.
- [12] J.D. Sachs, A.M. Warner, *Eur. Econ. Rev.* 2001, **45**, 827.
- [13] H. Mehlum, K. Moene, R. Torvik, *Econ. J.* 2006, **116**, 1.
- [14] C. Liu, *Govern. Inf. Quart.* 2012, **29**, 85.
- [15] A. Bonmati, X. Flotats, *Waste Manage.* 2003, **23**, 261.
- [16] X.Z. Li, Q.L. Zhao, X.D. Hao, *Waste Manage.* 1999, **19**, 409.
- [17] K.W. Kim, Y.J. Kim, I.T. Kim, G.I. Park, E.H. Lee, *Water Res.* 2006, **40**, 1431.
- [18] M. Yang, K. Uesugi, H. Myoga, *Water Res.* 1999, **33**, 1911.