

Wojciech Bieniecki\*, Jacek Stańdo\*\*, Sebastian Stoliński\*

## **Analiza wymagań dla systemu elektronicznego oceniania rozwiązań zadań egzaminacyjnych**

### **1. Idea e-oceniania**

System e-oceniania, to taki system, który umożliwia sprawdzanie prac egzaminacyjnych przez egzaminatora nie poprzez przeglądanie papierowych dokumentów, lecz na ekranie monitora. System taki należy rozumieć jako aplikację webową zapewniającą autoryzowany dostęp przez Internet. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwe jest sprawne organizowanie pracy dla egzaminatorów. E-ocenianie umożliwia przejście od punktowania przez egzaminatorów całych prac obejmujących od kilku do kilkudziesięciu zadań do specjalizacji w ocenianiu poszczególnych zadań.

System e-oceniania został już na dużą skalę wprowadzony między innymi w Wielkiej Brytanii czy Stanach Zjednoczonych. Doświadczenia, jakie zdobyły w tym obszarze cztery duże komisje egzaminacyjne w tych krajach (AQA, OCR i EDEXCEL – Wielka Brytania; ETS – Stany Zjednoczone), pozwalają stwierdzić, że przejście od oceniania tradycyjnego do e-oceniania wiąże się nie tylko ze zmianą organizacji procesu przygotowania prac do oceniania, ale również poprawia jego jakość.

Badanie wpływu zmiany procesu oceniania na jego jakość pokazało, że jeśli tylko zmiana ta nie pociąga za sobą zmiany w obszarze sposobu przygotowania egzaminu, to pozwala zachować jego pierwotną trafność i podnieść jego rzetelność [2, 6]. W pracy [2] stwierdzono, że wprowadzenie oceniania zadaniowego w systemie e-oceniania pozwala zwiększyć jego jakość.

Od 2007 roku rozpoczęto w Polsce prace nad tzw. e-ocenianiem. Projekt jest realizowany przez Centralną Komisję Egzaminacyjną [1].

Autorzy artykułu pracują nad projektem, który łączyłby system e-oceniania z systemami analizy i rozumienia obrazu i zakłada, że znaczny procent rozwiązań zadań będzie wykonywany automatycznie przez system komputerowy. Zadania egzaminacyjne trafiałyby do systemu w formie zeskanowanych papierowych rozwiązań.

---

\* Katedra Informatyki Stosowanej, Politechnika Łódzka

\*\* Centrum Nauczania Matematyki i Fizyki, Politechnika Łódzka

Zadania egzaminacyjne można sklasyfikować jako tzw. zamknięte i otwarte. Zadanie zamknięte [3] składa się z dystraktorów (wzorców błędnych odpowiedzi) i jednego lub kilku werstraktorów (wzorców prawidłowych odpowiedzi). W zadaniach otwartych samodzielnie formułuje się i zapisuje odpowiedzi. Stosowanie zadań zamkniętych jest wygodne pod kątem tworzenia systemu automatycznego oceniania, zarówno w przypadku skanowania formularzy z rozwiązaniami [8], jak i systemów egzaminów *on-line* [7]. Automatyczne skanowanie rozwiązań zadań otwartych (wykres, wzór, krótką wypowiedź w postaci liczby czy jednego dwóch wyrazów) jest zadaniem nietrywialnym i wymaga zastosowania zaawansowanych metod przetwarzania i rozumienia obrazów.

Osobną kwestią jest zaprojektowanie samego systemu rozproszonego, który będzie obsługiwał rozdzielanie prac na zespoły i kierowanie procesem oceniania w sposób bezpieczny i wydajny. W niniejszym artykule zostanie zaprezentowany projekt architektury tego systemu.

## 2. Proces biznesowy klienta

Klientem systemu jest Centralna Komisja Egzaminacyjna, instytucja Szkolnictwa Wyższego, powstała w 1999 roku. CKE jest odpowiedzialna między innymi za:

- przygotowanie pytań, zadań i zestawów egzaminacyjnych;
- analizę wyników testów i egzaminów na danym etapie edukacyjnym;
- przygotowanie i rozpowszechnianie metod rozpoznania i oceny postępów uczniów przez nauczycieli;
- stymulowanie badań naukowych i innowacji w dziedzinie oceniania.

Kluczowe elementy w procesie biznesowym klienta to: poufność informacji, hierarchia uprawnień osób biorących udział w procesie, przepływ informacji, zarządzanie zasobami, unikanie pomyłek oraz oszczędność czasu.

Obecnie proces przeprowadzania egzaminów i przetwarzania ich wyników jest czasochłonny i na każdym etapie wymaga ręcznego przetwarzania danych. Przenoszenie dokumentów z miejsca na miejsce powoduje ryzyko ich uszkodzenia lub utraty. Fakt, że egzaminy są sprawdzane przez człowieka może powodować błędy lub nadużycia.

Bez odpowiedniego narzędzia do automatyzacji wszystkich procesów, które odbywają się po przeprowadzeniu egzaminu, CKE może utracić zdolność przetworzenia wszystkich prac w odpowiednim czasie.

Celem projektu jest stworzenie oprogramowania, które umożliwi CKE koordynowanie wszystkich zadań związanych z przetwarzaniem dokumentów egzaminu po przeprowadzeniu egzaminu. Oprogramowanie będzie przeznaczone do optymalizacji procesów biznesowych oraz w celu umożliwienia efektywnego wykorzystania zasobów, zapewniając niezawodne i bezpieczne usługi w tym samym czasie. System komputerowy ma w założeniu przechowywać w bezpieczny sposób wszystkie informacje o egzaminach i użytkownikach

systemu na jednym serwerze. Dostęp do aplikacji będzie się odbywał z użyciem przeglądarki internetowej. Rozwiązania prac egzaminacyjnych będą przechowywane w formie plików obrazów zeskanowanych z dokumentów papierowych. Elektroniczna forma przechowywania daje pewność, że oryginał nie będzie naruszony w trakcie procesu.. Egzaminy będą przekazywane do odpowiednich użytkowników do ich sprawdzenia, którzy będą wypełniali arkusze ocen i odsyłali do koordynatorów komisji.

Proces biznesowy klienta w obecnej formie składa się z kilku głównych etapów (w podanej kolejności z możliwością nałożenia się etapów 1 i 2):

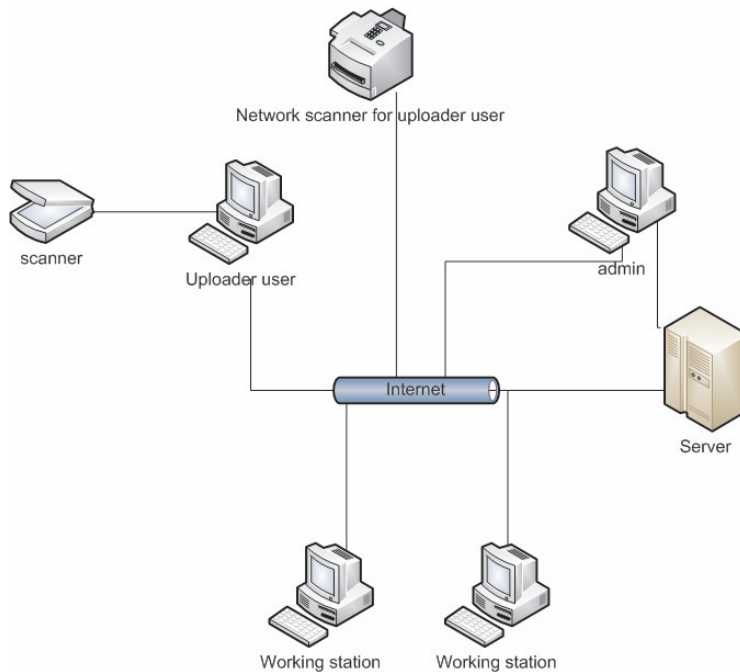
1. Sprawdziany wraz z kluczem odpowiedzi są przygotowane jako papierowe dokumenty. Przed rozpoczęciem egzaminu jest możliwość wprowadzenia zmian do arkuszy i kluczy, istnieje również możliwość, że odpowiedź może być dostosowana arkusza po egzaminie.
2. Nauczyciele, którzy chcą stać się egzaminatorami, muszą odbyć stosowne szkolenie. Następnie ich dane zostaną wprowadzone przez administratora systemu do centralnej bazy egzaminatorów. Oprócz typowych osobowych wprowadza się specjalizację i region Polski, w którym egzaminator będzie pracował.
3. Szkoły rejestrują się w Regionalnej Komisji Egzaminacyjnej za pomocą serwisu internetowego, a następnie rejestrują wszystkich uczniów, którzy mają uczestniczyć w egzaminie. Każdy uczeń dostaje indywidualny numer identyfikacyjny, który jest drukowany w postaci nalepki z kodem kreskowym. Uniemożliwia to ujawnienie danych osobowych uczniów podczas sprawdzania prac.
4. Kilka miesięcy przed egzaminem Egzaminatorzy mają potwierdzić swój akces za pośrednictwem serwisu internetowego RKE.
5. Egzaminy są drukowane i dostarczane przez kuriera do miejsca, gdzie odbywa się egzamin. Po egzaminie kurier odwozi dokumenty do biura RKE.
6. Lokalnym Koordynatorom (około 12 na region) przydziela się określoną liczbę dokumentów do sprawdzenia. Rolą koordynatorów lokalnych wybranych przez dyrektora RKE jest właściwe rozdzielenie pracy dla Egzaminatorów i zorganizowanie sesji sprawdzania prac.
7. Przy sprawdzeniu prac dodatkowo ustala się dwie osoby wśród Egzaminatorów. Pierwsza osoba to kierownik grupy, którego zadaniem jest rozwiązywanie wszelkich problemów, jakie mogą zaistnieć podczas sprawdzania prac. Druga to weryfikator, który wrywkowo ponownie sprawdza prace.
8. Podczas sprawdzania pracy Egzaminator wypełnia arkusz odpowiedzi dołączony do pracy, w którym wpisuje punktację za poszczególne zadania. Prace są transportowane do archiwum, a arkusze odpowiedzi wracają poprzez kuriera do RKE, gdzie są skanowane i automatycznie rozpoznawane, a wyniki gromadzone w bazie danych.
9. Dyrektor RKE wydaje polecenie administratorowi regionalnego do opublikowania lub wysłania wyników do szkół. Wyniki mogą być również wykorzystane do badań statystycznych.

### 3. Funkcje systemu informatycznego

W ujęciu ogólnym projektowany system będzie działał w następujących etapach:

1. Pracownicy CKE przygotowują arkusze pytań. Arkusz jest tworzony poprzez nadrukowanie na szablonie poszczególnych pytań.
2. Uczniowie rozwiązują egzamin. Zebrane arkusze pytań są skanowane i wciągane do bazy danych.
3. Z pomocą modułu rozpoznawania pisma arkusze są segmentowane na poszczególne zadania i jeśli to możliwe – automatycznie rozpoznawane i oceniane.
4. Poszczególne zadania w formie elektronicznej wraz z ewentualnymi rozwiązaniami są dystrybuowane do egzaminatorów, którzy pracują zdalnie w celu dokonania oceny lub weryfikacji automatycznej oceny.
5. Końcowe wyniki są zbierane i udostępniane dla szkół.

Szkic stanowisk komputerowych dla obsługi systemu zaprezentowano na rysunku 1.



Rys. 1. Stanowiska komputerowe dla obsługi systemu e-ocenianie

Szczegółowe zadania, jakie będzie realizował projektowany system, opisano poniżej.

1. **Upload zeskanowanych arkuszy.** W czasie tej czynności arkusze egzaminacyjne są skanowane, a pliki są przenoszone do katalogu tymczasowego. Po tym etapie każdy

plik jest przenoszony do katalogu docelowego na serwerze zasobowym. Tworzony jest w bazie danych rekord dla egzaminu i referencje do wszystkich plików bitmap.

2. **Rozdzielenie egzaminów pomiędzy koordynatorów lokalnych.** Wszystkie nieprzypisane egzaminy są rozdzielane w losowy sposób pomiędzy koordynatorów lokalnych tak, aby każdy koordynator otrzymał maksymalną przewidzianą dla niego liczbę arkuszy. Ten etap jest realizowany automatycznie po zakończeniu etapu 1.
3. **Rozdzielenie egzaminów dla administratorów lokalnych.** Nieprzypisane egzaminy są przydzielane do administratorów lokalnych losowo, tak jak do koordynatorów lokalnych.
4. **Rozdzielenie obrazów bitmap na poszczególne odpowiedzi.** W tym etapie każda bitmapa z rozwiązaniem egzaminu jest automatycznie dzielona na obrazy zawierające rozwiązanie jednego zadania. Funkcja ta jest uruchamiana automatycznie po zakończeniu zadania 3.
5. **Automatyczne ocenianie.** Wywołanie modułu automatycznego oceniania zadań zamkniętych i zadań otwartych
6. **Przypisanie numerów zadań do egzaminatorów.** Przypisanie konkretnych numerów (a więc typów) zadań otwartych do poszczególnych egzaminatorów zgodnie z ich kompetencjami. Zadanie jest realizowane przez administratora lokalnego.
7. **Przypisanie konkretnych zadań do egzaminatorów.** Jest to funkcja dostępna dla administratora lokalnego. Dzięki niej następuje losowe przypisanie zadań do egzaminatorów. Niektóre przypisania są duplikowane w celu weryfikacji prac egzaminatorów.
8. **Ocenianie zadań.** Egzaminatorzy mogą stawiać ocenę za rozwiązania zadań otwartych mając do dyspozycji klucz rozwiązań.
9. **Ponowne przypisanie zadań.** Administrator lokalny może zmienić egzaminatora dla puli zadań poprzez wybór innego, dostępnego egzaminatora. Rozwiązania, które zostały już ocenione, zachowują swoją punktację.
10. **Otwieranie i zamykanie systemu.** Jest to funkcja dostępna z poziomu koordynatora krajowego i wiąże się z czasem trwania sesji egzaminacyjnej i procesu oceniania.
11. **Modyfikacja kluczy rozwiązań.** Ta funkcja, dostępna z poziomu koordynatora krajowego, daje możliwość wprowadzenia lub modyfikacji klucza rozwiązań dla każdego egzaminu. Klucz powinien składać się z dwóch sekcji (dla zadań zamkniętych i zadań otwartych).
12. **Wprowadzanie egzaminatorów.** Możliwość wprowadzenia przez administratorów lokalnych danych nowych egzaminatorów.
13. **Potwierdzenie dostępności.** Przełączenie stanu egzaminatora na dostępny/niedostępny. Funkcja powinna być dostępna z poziomu interfejsu użytkownika egzaminatora.
14. **Wybór egzaminatorów.** Wybór egzaminatorów przez administratora lokalnego.
15. **Eksport wyników oceniania.** Wytworzenie arkusza odpowiedzi postaci pliku arkusza kalkulacyjnego w celu udostępnienia wyników uczniom. Arkusz jest generowany przez administratora lokalnego lub koordynatora krajowego.

### **Zadania systemu rozpoznawania**

Podstawowe zadania systemu związane z automatycznym ocenianiem prac zostały sformułowane następująco:

- generowanie papierowych arkuszy egzaminacyjnych zawierających zadania o charakterze zamkniętym oraz otwartym na podstawie szablonów;
- skanowanie obrazów rozwiązanych arkuszy egzaminacyjnych;
- automatyczne rozpoznanie obrazów arkuszy egzaminacyjnych i przekształcenie ich do bazy danych w tym:
  - podział obrazu arkusza na obszary obejmujące poszczególne zadania;
  - rozpoznanie rozwiązań zadań i automatyczne ocenienie;
  - przekazanie do egzaminatorów obrazów rozwiązań, które nie mogły zostać rozpoznane;
  - prezentacja wyników egzaminu;
  - tworzenie archiwum oraz statystyk z przeprowadzonych egzaminów.

Ważnym zadaniem naukowym jest zaprojektowanie typologii zadań otwartych, które mogą być sprawdzane systemem inteligentnym, jednocześnie na tyle uniwersalnych, aby mogły zastąpić dotychczasowe arkusze (na poziomie maturalnym, z nauk matematyczno-przyrodniczych). W naszym projekcie przewidujemy przygotowanie następujących typów otwartych zadań egzaminacyjnych:

- matematyka: uzupełnianie wzorów matematycznych; wstawianie ciągu rozumowania matematycznego; rysowanie wykresu funkcji; rysowanie figur geometrycznych; zaznaczanie miejsc na wykresie;
- biologia i chemia: uzupełnianie wzorów reakcji chemicznych; zaznaczanie obiektu na rysunku;
- geografia: zaznaczanie obszarów na rysunku; rozpoznawanie różnych oznaczeń geograficznych.

Od strony algorytmicznej dla realizacji modułu rozpoznawania jest wytworzenie dedykowanych algorytmów automatycznego rozumienia obrazów zaimplementowanych na środowisko 64-bitowe, umożliwiających:

- segmentację obrazu arkusza egzaminacyjnego na obrazy reprezentujące poszczególne zadania;
- wydzielenie na każdym obrazie miejsc, które powinny być uzupełnione przez egzaminowanego;
- rozpoznanie odpowiedzi.

Najtrudniejszym etapem przetwarzania jest rozpoznanie odpowiedzi. W zależności od typu zadania algorytmy, które należy zaprojektować można podzielić na następujące kategorie:

- CR/OCR – czyli rozpoznawanie znaków – w typach zadań, które należy uzupełnić pismem,

- detekcja i rozpoznawanie kształtu linii z użyciem metod segmentacji linii (transformata Hougha), klasyfikacji i rozumienia kształtu,
- detekcja obszarów – metody segmentacji obszarowej obrazu,
- detekcja zaznaczonych punktów – metody segmentacji obrazu bazujące na klasyfikacji pikseli [5].

#### 4. Platforma serwerowa

Budowany system inteligentny będzie pracował w środowisku sieciowym. Dostęp do aplikacji będzie realizowany przez przeglądarkę internetową [4]. Tego rodzaju aplikacje budowane są z wykorzystaniem jednej z istniejących technologii:

1. Platforma .NET (obowiązująca stabilna wersja 3.5 SP1) firmy Microsoft.
2. Java Enterprise Edition.
3. Platforma wykorzystująca język PHP i bazę MySQL.

Dla wytworzenia oprogramowania wybrano platformę .NET, która zapewnia największą elastyczność, ponieważ daje możliwość tworzenia poszczególnych modułów systemu w różnych językach (np. C++, C#, Java, Visual Basic). Z kolei większość bibliotek programistycznych jest zaimplementowana w języku C++ (szybkość kodu). W przypadku platformy Java Enterprise Edition utrudnione jest użycie programów napisanych w C++.

Ze względu na wybór środowiska programowania konieczne jest użycie platformy serwerowej Microsoft. Stabilna i sprawdzona wersja to Windows 2003 Server z poprawką Service Pack 2. Ten system operacyjny występuje w kilku edycjach różniących się liczbą licencji i dodatkowym oprogramowaniem. Ciekawą propozycją jest wersja Small Business Server, posiadająca komponenty SQL Server 2000, Exchange 2003 oraz SharePoint, które zostaną wykorzystane dla realizacji projektu.

SQL Server 2000 jest systemem relacyjnej bazy danych. Wersja 2000 została obecnie zastąpiona przez wersje 2005 i 2008. Do projektowanego systemu, nie będą używane funkcje występujące w nowszych wersjach, również wydajność serwera bazy w wersji 2000 jest wystarczająca.

Exchange 2003 to w pełni funkcjonalny serwer pocztowy umożliwiający stworzenie systemu wewnętrznej poczty elektronicznej w przedsiębiorstwie, jak również systemu pocztowego w Internecie. Dostęp do zasobów poczty jest możliwy poprzez program Outlook lub poprzez aplikację webową Outlook Web Access. Obecnie Exchange dostępny jest w wersji 2007.

Sharepoint to narzędzie pracy grupowej, będące również aplikacją webową, umożliwiające zarządzanie zasobami ludzkimi (tworzenie hierarchii, przydział obowiązków) i zarządzanie dokumentami elektronicznymi.

Każda wersja serwera 2003 umożliwia dodatkowo utworzenie kontrolera domeny i usługi katalogowej Active Directory. Dzięki tej usłudze jest możliwe tworzenie kont użytkowników (wraz z dowolnym zestawem atrybutów stanowiących np. dane osobowe),

obiektów jednostek organizacyjnych, grup zabezpieczeń i list dystrybucyjnych. Dodatkowo jest możliwość wykorzystania informacji z AD do autoryzacji w aplikacjach webowych.

Windows 2003 SBS ma pewne ograniczenie, którym jest liczba licencji, czyli liczba użytkowników systemu, ograniczona do 75. Dlatego zdecydowano się zastosować edycję Windows 2003 Standard, oraz osobno zainstalować serwisy Exchange i MSSQL.

Wszystkie wymienione powyżej produkty można oprogramować korzystając z narzędzi takich jak WMI (*Windows Management Instrumentation*) przy użyciu platformy .NET Framework, a więc utworzenie własnych interfejsów przeglądarkowych będących modułami systemu e-ocenie.

Ze względu na przewidywane obciążenie systemu przewidzieliśmy instalację systemu na trzech maszynach (tab. 1).

**Tabela 1**  
Maszyny serwerowe w systemie e-ocenie i ich role

Nazwa	Rola	Oprogramowanie
Maszyna 1	serwer usług sieciowych	– Windows 2003 Server będący kontrolerem domeny i serwerem usługi katalogowej Active Directory – Serwer DNS i innych usług sieciowych
Maszyna 2	serwer aplikacyjny	– Internet Information Services (serwer WWW) – .NET Framework, aplikacja e-ocenie – Outlook Web Access – System OCR wraz z połączeniem skanera
Maszyna 3	aplikacyjno – zasobowy	– Baza danych MSSQL – Exchange – Udziały udostępnione – przestrzeń dyskowa

Maszyna 1 ma najmniejsze wymagania systemowe, jednak powinna charakteryzować się wysoką niezawodnością, od maszyny 2 wymaga się dużej mocy obliczeniowej procesora, z kolei maszyna 3 powinna być wyposażona w macierz dyskową o dużej pojemności oraz urządzenie backupujące.

## 5. Wnioski

Prac dotyczących zastosowania inteligentnych systemów oceny w edukacji w Polsce nikt jeszcze nie prowadził. Dlatego projekt ma charakter naukowy i innowacyjny. Realizacja projektu poszerzy istniejące możliwości, jakie oferuje system e-ocenie.

Wykonanie projektu umożliwi upowszechnienie w Polsce elektronicznej formy oceny niektórych typów otwartych zadań egzaminacyjnych na poziomie gimnazjalnym i maturalnym. Funkcja automatycznego sprawdzania rozwiązań zadań otwartych nie była do tej pory rozważana przy konstrukcji systemów oceniających. Zaprojektowanie systemu,



który pozwoliłby na automatyzację oceniania chociażby kilku procent zadań, byłoby rozwiązaniem przynoszącym duże oszczędności, a także zapewniłoby ogólne poprawienie jakości egzaminowania.

Oprócz wielokrotnego przyspieszenia całego procesu egzaminowania podstawową zaletą takiego systemu jest pozyskanie olbrzymiej bazy danych zadań i rozwiązań, która może być źródłem dla badaczy zajmujących się socjologią, pedagogiką i dydaktyką.

## Literatura

- [1] E-ocenie http://e-ocenie.pl (sprawdzono 10.10.2009).
- [2] Fowles D., Adams C., *Does assessment differ when e-marking replaces paperbased marking?* IAEA paper v3(cra+def).doc., 2005.
- [3] Niemierko B., *Pomiar wyników kształcenia*. WSiP, Warszawa, 1999.
- [4] Kachru S., Gehringer E.F., *A Comparison of J2EE and .NET as Platforms for Teaching Web Services*. 34th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, USA, 2004.
- [5] Qing Chen, *Evaluation of OCR Algorithms for Image with Different Spatial Resolutions and Noises*. University of Ottawa, Canada, 2003 (Master thesis).
- [6] Szaleniec H., Węziak-Białowolska D., *Czy e-ocenie może zapewnić większą rzetelność punktowania?* XIV Konferencja Diagnostyki Edukacyjnej, Opole 2008.
- [7] Szaleniec H., Stańdo J., *E-egzamin 2008, Raport z projektu edukacyjnego*. [http://www.wsip.com.pl/index.php/wsip\\_site/o\\_firmie/aktualnosci/e\\_egzamin\\_raport](http://www.wsip.com.pl/index.php/wsip_site/o_firmie/aktualnosci/e_egzamin_raport).
- [8] Szaleniec H., Stańdo J., *Raport z projektu edukacyjnego „E-egzamin 2008”*. [http://www.wsip.com.pl/dla\\_nauczycieli/co\\_nowego/e\\_egzamin\\_raport](http://www.wsip.com.pl/dla_nauczycieli/co_nowego/e_egzamin_raport).