

Zadanie 1A

Wyjaśnij na co najmniej dwóch przykładach na czym polega skalowanie benchmarków, tzn. jak działa mechanizm zwiększania trudności testu wraz ze wzrostem szybkości komputerów.

Zwiększanie Złożoności Obliczeniowej: Kiedy nowsze komputery stają się szybsze, zadania używane w benchmarkach mogą stać się dla nich zbyt łatwe, co skutkuje tym, że wszystkie nowoczesne systemy osiągają podobne, wysokie wyniki, utrudniając porównanie ich rzeczywistej wydajności. Aby temu zaradzić, organizatorzy benchmarków mogą zwiększać złożoność obliczeniową testów. Na przykład, w testach obliczeniowych takich jak LINPACK, używanym do rankingu superkomputerów, zwiększa się rozmiar problemów matematycznych, które muszą być rozwiązane.

Dodawanie Nowych Testów: W miarę rozwoju technologii, pojawiają się nowe możliwości i wymagania, na przykład w grafice komputerowej czy przetwarzaniu danych. Benchmarki mogą wprowadzać nowe testy, które wykorzystują te nowe technologie. Na przykład, w benchmarkach graficznych takich jak 3DMark, wprowadza się nowe sceny testowe z bardziej zaawansowaną grafiką, wykorzystującą najnowsze technologie renderowania. To oznacza, że starsze systemy, które były w stanie doskonale radzić sobie z wcześniejszymi testami, mogą nie być w stanie efektywnie przetwarzać nowych, bardziej wymagających zadań, co pozwala na lepsze zrozumienie wydajności nowszych systemów w kontekście nowoczesnych wymagań.

Zadanie 1B

Zaproponować obciążenie do testowania serwera poczty elektronicznej. W szczególności wyjaśnij: a) co będzie jednostką obciążenia b) zwróć uwagę na stopień szczegółowości w generowaniu obciążenia i określ jakie właściwości statystyczne ma mieć strumień żądań wykonania usług i dlaczego takie, c) co zrobić aby test się nie zestarzał w perspektywie 10 lat, d) czy takie obciążenie może uwypuklić wpływ innych elementów systemu komputerowego i jakich?

a) Jednostka Obciążenia

- **Email:** Każdy email stanowi pojedynczą jednostkę obciążenia. Można uwzględnić różne aspekty takie jak rozmiar wiadomości, format, obecność załączników, itp.
- **Użytkownik:** Jednostką może być również aktywność pojedynczego użytkownika, w tym wysyłanie, odbieranie, przechowywanie wiadomości oraz interakcje z interfejsem serwera.

b) Stopień Szczegółowości i Właściwości Statystyczne

- **Prędkość Przybywania/Wysyłania:**
 - Średni czas między zdarzeniami i rozrzut.
 - Możliwe rozkłady czasu, np. równomierne, eksponencjalne.
- **Rozmiar Maila:**
 - Średni rozmiar wiadomości i rozkłady mieszanki.
 - Rozkłady mogą uwzględniać różne typy wiadomości, od krótkich notatek po długie raporty z załącznikami.
- **Połączenie Czasu i Rozmiaru:**
 - Analiza zależności między czasem a rozmiarem, np. za pomocą regresji liniowej.
 - Histogram 2-wymiarowy pokazujący rozkład kombinacji czasu i rozmiaru.
- **Parametry Użytkowników (jeśli jednostką jest użytkownik):**
 - Histogram ilości wysyłanych i przechowywanych wiadomości przez użytkowników.
- **Liczba Odbiorców Wysyłanego Maila:**
 - Średnia, rozrzut i rozkład liczby odbiorców dla każdej wysłanej wiadomości.

c) Zapobieganie Starzeniu się Testu

- Skalowanie trudności w odpowiedzi na wzrost liczby użytkowników.
- W miarę wzrostu liczby użytkowników, zwiększa się prędkość przybywania/wysyłania, ilość przechowywanych maili, rozmiar maili, liczba odbiorców.
- Regularne aktualizacje i dostosowania do zmieniających się technologii i wzorców użytkowania.

d) Uwypuklenie Wpływu Innych Elementów Systemu

- **Przepływność/Przepustowość Sieci:** Test obciążeniowy może uwypuklić ograniczenia w przepustowości sieci.
- **Szybkość Dysków:** Duża ilość danych i operacji I/O może wpłynąć na wydajność dysków.
- **Brak Pamięci Operacyjnej:** Wysokie obciążenie może wpłynąć na wykorzystanie pamięci RAM.
- **Bufory:** Test może ujawnić ograniczenia w buforowaniu danych.

Zadanie 2A

W pewnym teście miarą wydajności jest liczba usług wykonanych na jednostkę czasu. Jednak czasy wykonania usług się różnią wskutek zachodzących losowych zjawisk. Jak poradzić sobie z tym faktem, aby podane wyniki były weryfikowalne mimo losowości? Można odwołać się do metod stosowanych w typowych benchmarkach.

Uśrednianie Wyników: Wykonaj test wielokrotnie i oblicz średnią, aby zminimalizować wpływ anomalii.

Mediana zamiast Średniej: Użyj mediany wyników, aby zmniejszyć wpływ skrajnych przypadków na ogólny wynik.

Eliminacja Skrajności: Odrzuć najwyższe i najniższe wyniki przed obliczeniem średniej, redukując wpływ ekstremalnych wartości.

Testy Statystyczne: Zastosuj testy statystyczne, np. test t Studenta, aby ocenić istotność statystyczną wyników.

Warunki Kontrolowane: Przeprowadzaj testy w możliwie kontrolowanych warunkach, aby ograniczyć wpływ zmiennych zewnętrznych.

Analiza Wariancji (ANOVA): Użyj ANOVA do oceny wpływu różnych czynników na wyniki.

Benchmarki Porównawcze: Porównuj wyniki z ustalonymi standardami lub innymi systemami dla względnej oceny wydajności.

Zadanie 2B

Hypervisor jest systemem operacyjnym obsługującym maszyny wirtualne. Działają w nim 2 typy maszyn wirtualnych z ich aplikacjami:

- i) obliczeniowe, które potrzebują głównie pamięci i CPU,
- ii) interaktywne, które głównie komunikują się przez sieć, ale mało obciążają CPU i pamięć. Jakie są konsekwencje dla a) szybkości działania, b) dostępności, c) bezstronności w dostępie do zasobów dla tych aplikacji, gdy 1) damy, 2) nie damy preferencji w dostępie do sprzętu aplikacjom silnie się komunikującym?

Szybkość działania

Preferencje dla aplikacji silnie się komunikujących:

- Aplikacje obliczeniowe (i): Mogą doświadczać spowolnienia. Jeśli hypervisor daje priorytet aplikacjom interaktywnym, które korzystają intensywnie z sieci, aplikacje obliczeniowe mogą otrzymywać mniej zasobów procesora i pamięci, co prowadzi do wydłużenia czasu potrzebnego na przetwarzanie danych.
- Aplikacje interaktywne (ii): Przyspieszają swoją pracę. Dzięki priorytetowemu dostępowi do zasobów sieciowych, aplikacje te będą mogły szybciej komunikować się, co przekłada się na lepszą responsywność i szybsze przetwarzanie zadań zależnych od sieci.

Brak preferencji dla aplikacji silnie się komunikujących:

- Aplikacje obliczeniowe (i): Będą działać szybciej. W takim przypadku, hypervisor rozdziela zasoby bardziej równomiernie, co pozwala aplikacjom obliczeniowym na efektywniejsze wykorzystanie CPU i pamięci.
- Aplikacje interaktywne (ii): Mogą doświadczać spowolnienia, szczególnie w zadaniach wymagających intensywnej komunikacji sieciowej, ponieważ nie otrzymują one już preferencyjnego dostępu do zasobów sieciowych.

Dostępność

Preferencje dla aplikacji silnie się komunikujących:

- Aplikacje obliczeniowe (i): Mały wpływ na dostępność. Chociaż mogą być wolniejsze, to generalnie nadal są dostępne i mogą wykonywać swoje zadania.
- Aplikacje interaktywne (ii): Ich dostępność wzrośnie. Dzięki priorytetowemu dostępowi do zasobów sieciowych, będą rzadziej napotykać problemy z opóźnieniami czy niedostępnością sieci.

Brak preferencji dla aplikacji silnie się komunikujących:

- Aplikacje obliczeniowe (i): Dostępność pozostaje stabilna, ponieważ nie są one zależne od dostępu do sieci w takim stopniu, jak aplikacje interaktywne.
- Aplikacje interaktywne (ii): Mogą napotkać ograniczenia w dostępie do sieci, co może prowadzić do problemów z dostępnością, zwłaszcza w sytuacjach wymagających intensywnej komunikacji sieciowej.

Bezstronność w dostępie do zasobów

Preferencje dla aplikacji silnie się komunikujących:

- Aplikacje obliczeniowe (i): Są niesprawiedliwie traktowane, ponieważ nie otrzymują równego dostępu do zasobów, co jest szczególnie widoczne w środowiskach, gdzie zasoby są ograniczone.
- Aplikacje interaktywne (ii): Są preferowane, co może prowadzić do nierównego rozdziału zasobów, szczególnie w kontekście dostępu do sieci.

Brak preferencji dla aplikacji silnie się komunikujących:

- Aplikacje obliczeniowe (i): Otrzymują sprawiedliwszy dostęp do zasobów. W takim ustawieniu, zarówno aplikacje obliczeniowe, jak i interaktywne mają równą szansę na wykorzystanie dostępnych zasobów.
- Aplikacje interaktywne (ii): Nie są już faworyzowane, co prowadzi do bardziej równomiernego rozdziału zasobów sieciowych i sprzętowych w hypervisorze.

Zadanie 3A

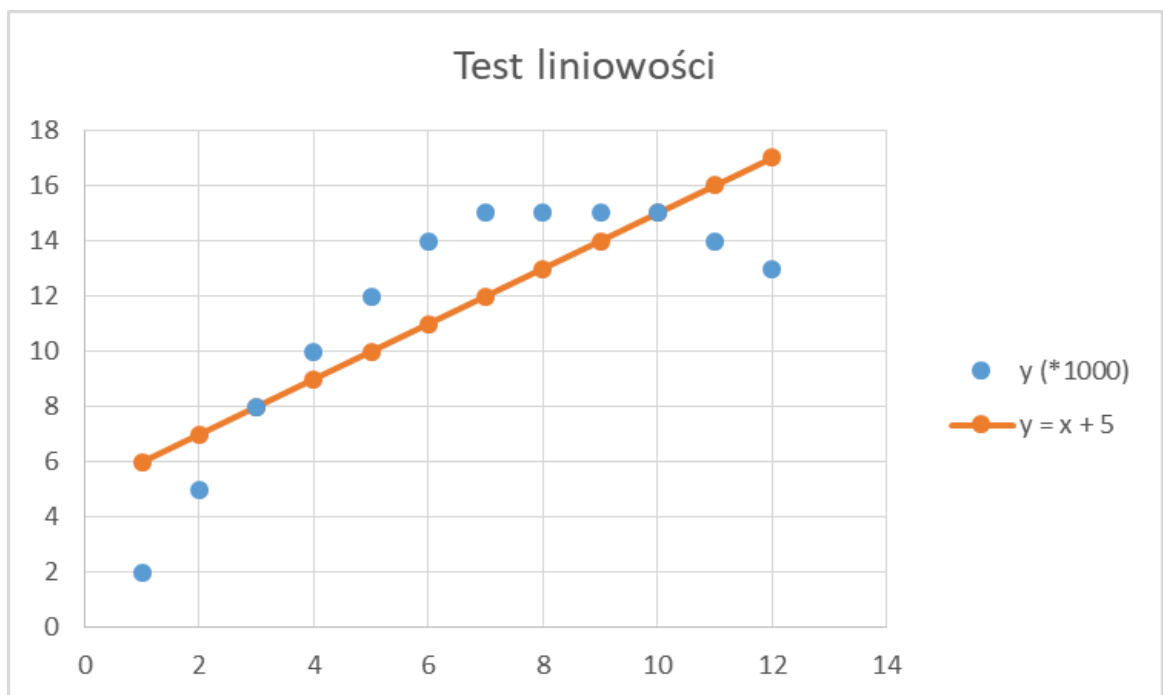
Metodę regresji liniowej zastosowano do zbadania trendu liczby użytkowników gry sieciowej. Z wyliczeń uzyskano następującą zależność liczby klientów Y w tysiącach, od numeru miesiąca X : $Y = 1 \cdot X + 5$ przy zarejestrowanych rzeczywistych liczbach klientów podanych w tabeli:

X (miesiąc)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y (*1000)	2	5	8	10	12	14	15	15	15	15	14	13

Sprawdź graficznie, czy założenia metody regresji liniowej są spełnione. Jeżeli nie są, to jakie założenia nie zostały spełnione?

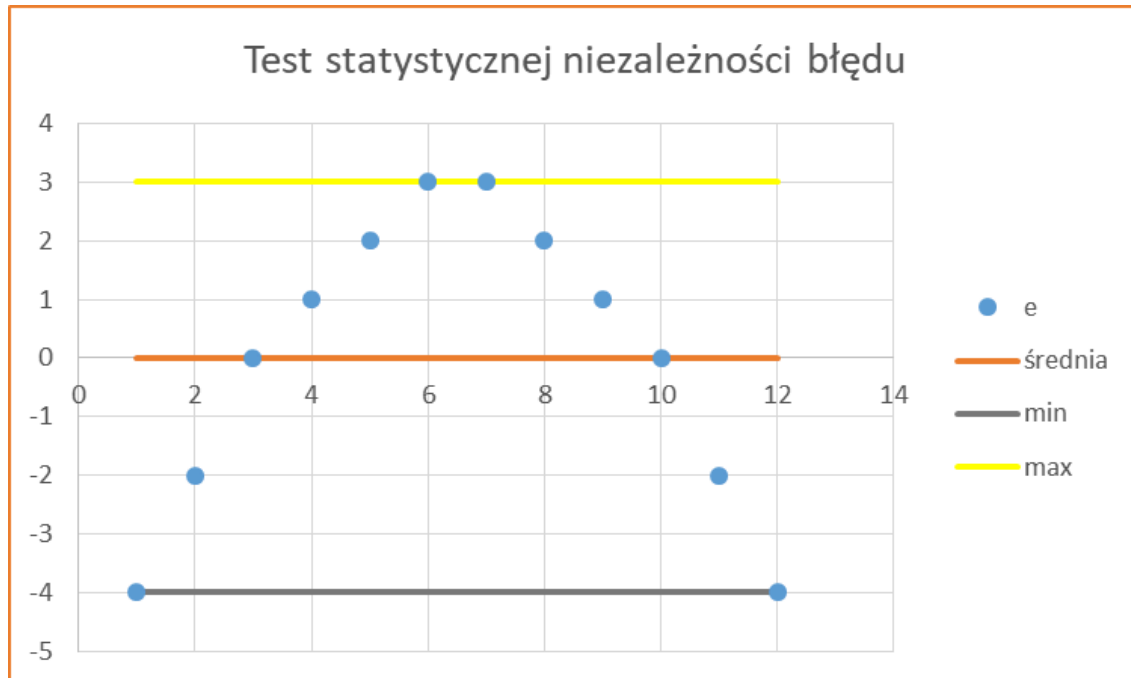
1. Zrób wykres, dla ułatwienia możesz rozpisać wartości funkcji liniowej pod tabelą.

$y = x + 5$	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
-------------	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----



2. Zrób wykres błędów. Czyli różnica wartości danych zmierzony z danymi z funkcji liniowej (regresji).

E_i	-4	-2	0	1	2	3	3	2	1	0	-2	-4
-------	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

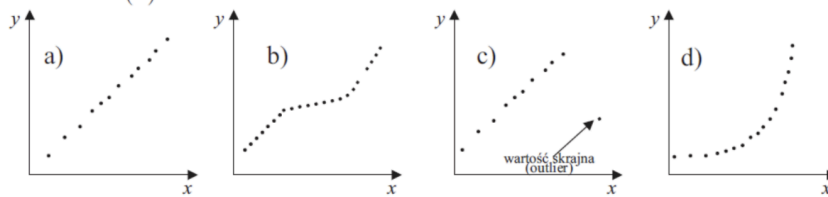


$$\bar{X}_e = (-4 - 2 + 0 + 1 + 2 + 3 + 3 + 2 + 1 + 0 - 2 - 4)/12 = 0$$

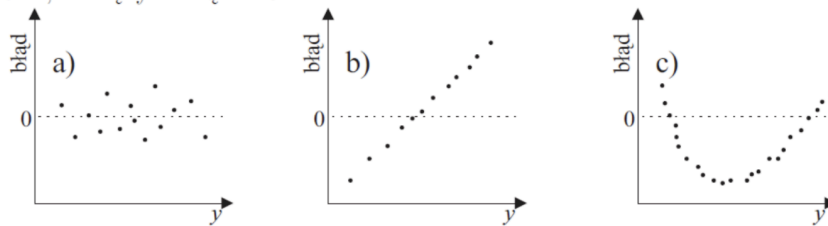
3. Sporządź wnioski na podstawie wykresów.

- Model regresji liniowej został sformułowany przy założeniach:
 - zależność między x i y jest liniowa,
 - zmienna x nie jest losowa i jest mierzona bez błędu,
 - błędy e_i są statystycznie niezależne,
 - błędy e_i mają rozkład normalny z średnią zerową i stałym odchyleniem standardowym.
- Poprawność powyższych założeń można sprawdzić w *przybliżony* sposób za pomocą graficznych testów.

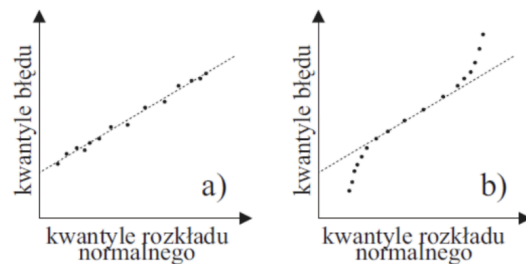
- Test liniowości zależności między x i y . Należy sporządzić wykres z rozkładem próbek $\{(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)\}$. Można zauważyć następujące zjawiska (rys.): zależność jest odcinkami liniowa (b), występują wartości skrajne (outliers) (c), nieliniowość (d).



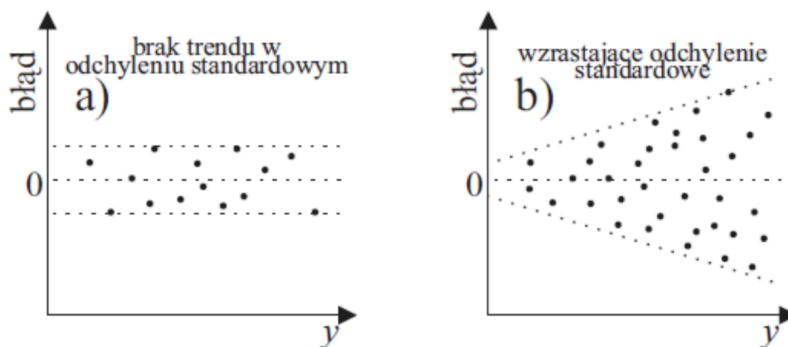
- Test statystycznej niezależności błęd. Należy wykonać wykres błęd e_i w zależności od przewidywanej wartości \hat{y}_i (rys.). Widoczny trend (rys. b c) wskazuje na to, że błędy nie są niezależne.



- Test normalnego rozkładu błędów. Należy sporządzić wykres kwantyl-kwantyl (\rightarrow rozdział 5.2.3). Nieliniowość (rys. b) wykresu świadczy o nie-normalnym rozkładzie błędów.



- Test stałego odchylenia standardowego błędów. Należy wykonać wykres błęd e_i w zależności od przewidywanej wartości \hat{y}_i (rys.). Rozrzut błęd powinien być zbliżony dla wszystkich części wykresu.



Z wykresów więc można zauważyć, że:

- na podstawie pierwszego wykresu, można stwierdzić że zależność między X i Y nie jest liniowa
- zmienna X nie jest losowa, są to kolejne miesiące w roku
- w drugim wykresie jest trend danych, więc błędy nie są niezależne
- mamy stałe odchylenie standardowe, rozkład błędów ma średnią 0

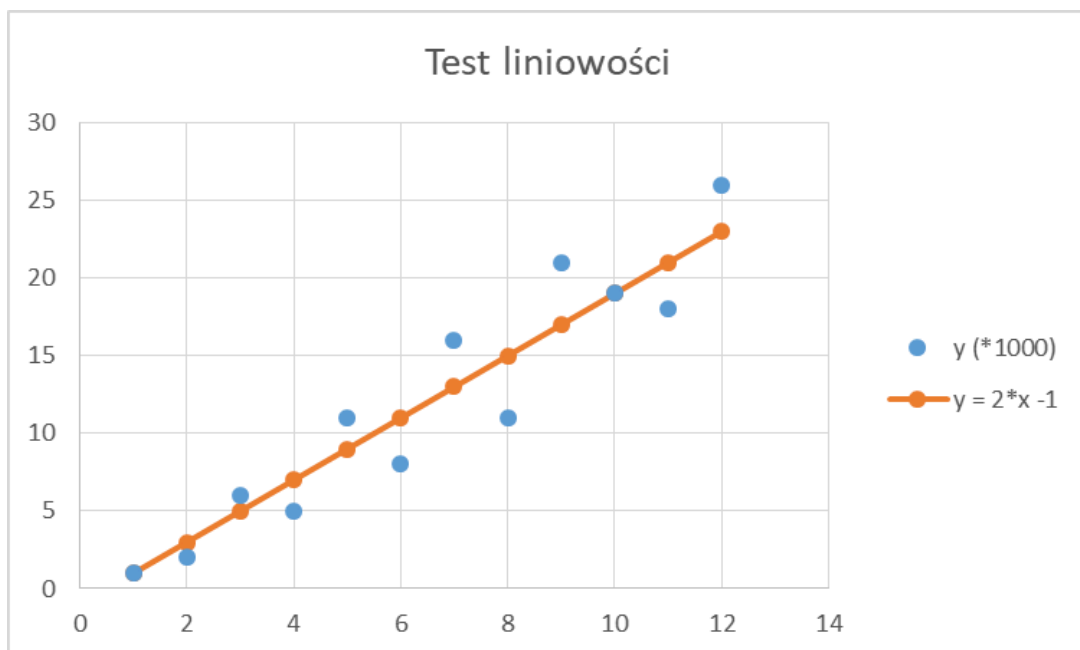
Zadanie 3B: Metodę regresji liniowej zastosowano do zbadania trendu liczby użytkowników gry sieciowej. Z wyliczeń uzyskano następującą zależność liczby klientów Y w tysiącach, od numeru miesiąca X: $Y = 2 \cdot X - 1$ przy zarejestrowanych rzeczywistych liczbach klientów podanych w tabeli:

X (miesiąc)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y (*1000)	1	2	6	5	11	8	16	11	21	19	18	26

Sprawdź graficznie, czy założenia metody regresji liniowej są spełnione. Jeżeli nie są, to jakie założenia nie zostały spełnione?

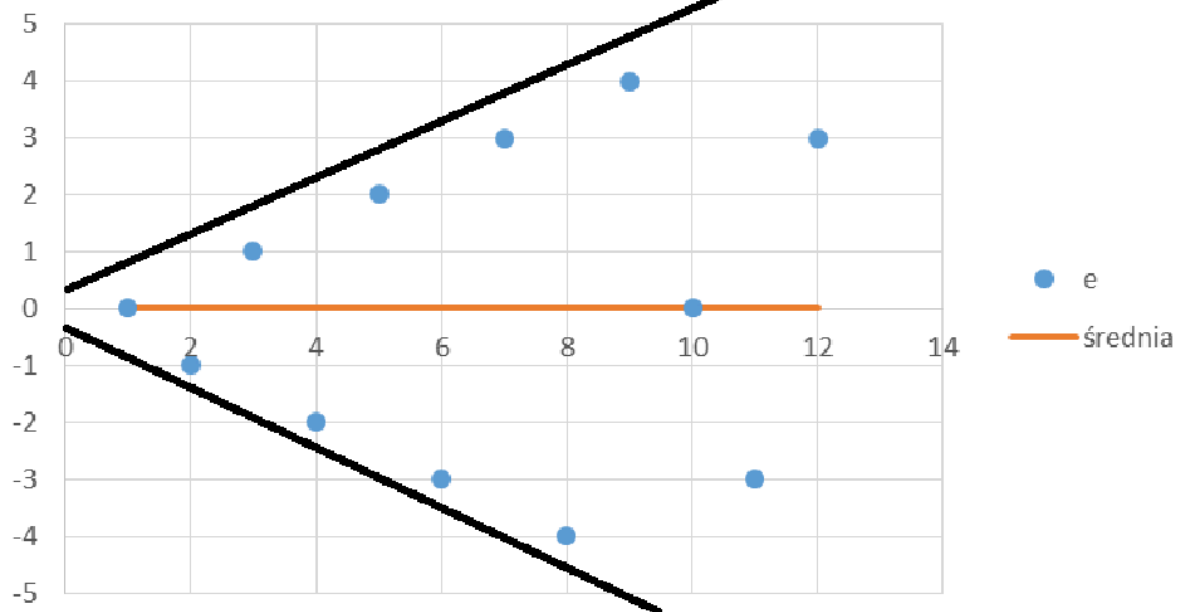
1. Zrób wykres, dla ułatwienia możesz rozpisać wartości funkcji liniowej pod tabelą.

$y = 2x - 1$	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
--------------	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----



2. Zrób wykres błędów. Czyli różnica wartości danych zmierzony z danymi z funkcji liniowej (regresji).

Test statystycznej niezależności błędu



$$\bar{X}_s = (0 - 1 + 1 - 2 + 2 - 3 + 3 - 4 + 4 + 0 - 3 + 3) / 12 = 0$$

3. Sporządź wnioski na podstawie wykresów.

- Model regresji liniowej został sformułowany przy założeniach:
 - zależność między x i y jest liniowa,
 - zmienna x nie jest losowa i jest mierzona bez błędu,
 - błędy e_i są statystycznie niezależne,
 - błędy e_i mają rozkład normalny z średnią zerową i stałym odchyleniem standardowym.
- Poprawność powyższych założeń można sprawdzić w *przybliżony* sposób za pomocą graficznych testów.

Z wykresów więc można zauważyć, że:

- na podstawie pierwszego wykresu, można stwierdzić że zależność między X i Y jest odcinkami liniowa
- zmienna X nie jest losowa, są to kolejne miesiące w roku
- brak trendu, błędy są niezależne
- średnia błędów wynosi 0, ale odchylenie standardowe jest wzrastające, czyli nie jest stałe

Zadanie 4A

Dla pewnego systemu CMS1 i CMS2 zarejestrowane zostały następujące czasy odpowiedzi:

CMS1: 3, 2, 4, 8, 7, 3, 2, 3, 6, 2, 2

CMS2: 3, 4, 5, 9, 9, 3, 1, 3, 9, 5, 2

Sporządź wykres kwantyl-kwantyl i odpowiedz, czy rozkłady czasów odpowiedzi są co do kształtu jednakowe lub podobne, dla obu systemów. Dla obu systemów wyznacz kwantyle Q1, Q2, Q3. Stosując te liczby jako odpowiedniki przedziału ufności określ w przybliżonym teście graficznym, czy te systemy się istotnie różnią co do centralnych tendencji czasu odpowiedzi.

1. Posortować zbiory.

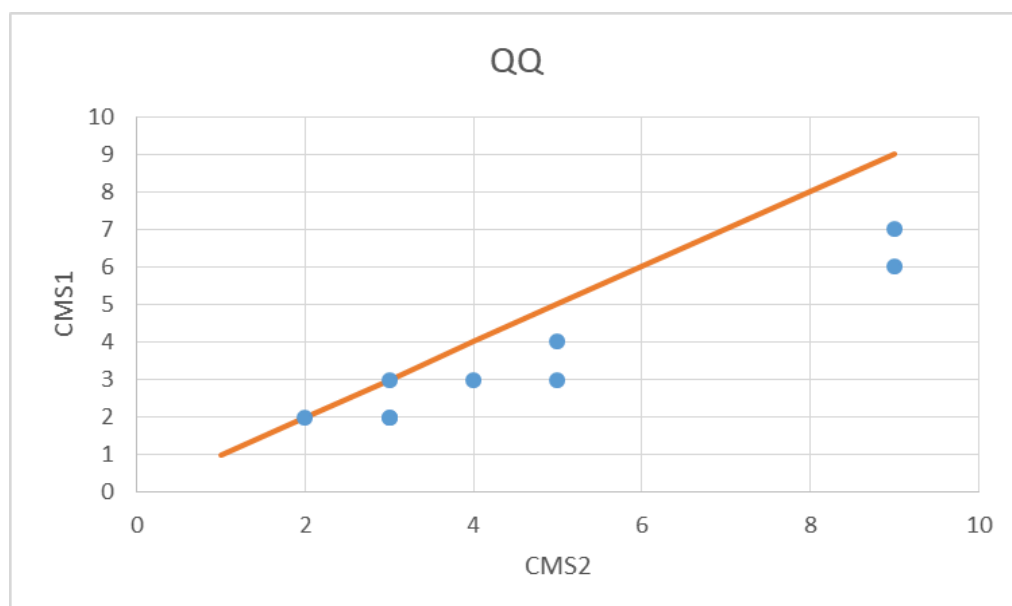
CMS1 (sorted)	2	2	2	2	3	3	3	4	6	7	8
CMS2 (sorted)	1	2	3	3	3	4	5	5	9	9	9

2. Jeżeli zbiory mają tę samą liczebność to policzyć kwantyle od 0.1 do 0.9 dla obu zbiorów (to będą pary).

$$K_a = 1 + (N-1) \cdot a$$

a-kwantyl	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Indeks	2	3	4	5	6	7	8	9	10

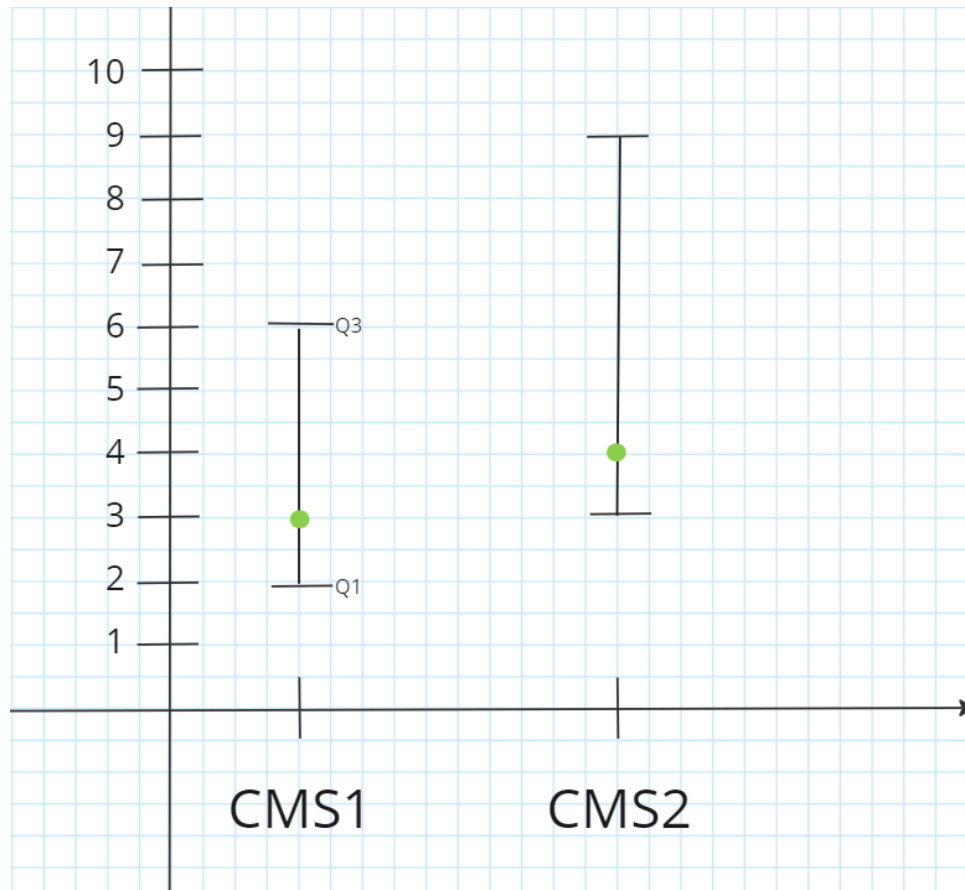
3. Narysuj wykres kwantyl-kwantyl. Jako oś X wybierz jeden ze zbiorów cms np cms2, jako oś Y zbiór cms1. Wybierz tylko elementy odpowiadające wyliczonym indeksom.



4. Jeżeli punkty układają się w wspólnej linii to rozkłady czasów są jednakowe. W przeciwnym wypadku są podobne.
5. Policz Q_1 , Q_2 , Q_3 dla obu zbiorów.
 $Q_1 = 1 + (10) \cdot 0.25 = 3.5 \approx 4$; $Q_2 = \text{mediana} = 1 + (10) \cdot 0.5 = 6$; $Q_3 = 1 + (10) \cdot 0.75 = 8.5 \approx 9$

CMS1	2	3	6
CMS2	3	4	9

6. Narysuj wykres świecowy.



7. Jeżeli średnie wartości (Q_2) zawierają się w przeciwnym zakreskach to systemy się nie różnią.

Zadanie 4B

Dla pewnego systemu CMS1 i CMS2 zarejestrowane zostały następujące czasy odpowiedzi:

CMS1: 4, 2, 3, 9, 9, 3, 8, 5, 2, 3, 8,

CMS2: 3, 5, 6, 9, 1, 3, 5, 8, 9, 6, 2.

Sporządź wykres kwantyl-kwantyl i odpowiedz, czy rozkłady czasów odpowiedzi są co do kształtu jednakowe lub podobne, dla obu systemów. Dla obu systemów wyznacz kwantyle Q1, Q2, Q3. Stosując te liczby jako odpowiedniki przedziału ufności określ w przybliżonym teście graficznym, czy te systemy się istotnie różnią co do centralnych tendencji czasu odpowiedzi.

1. Posortować zbiory.

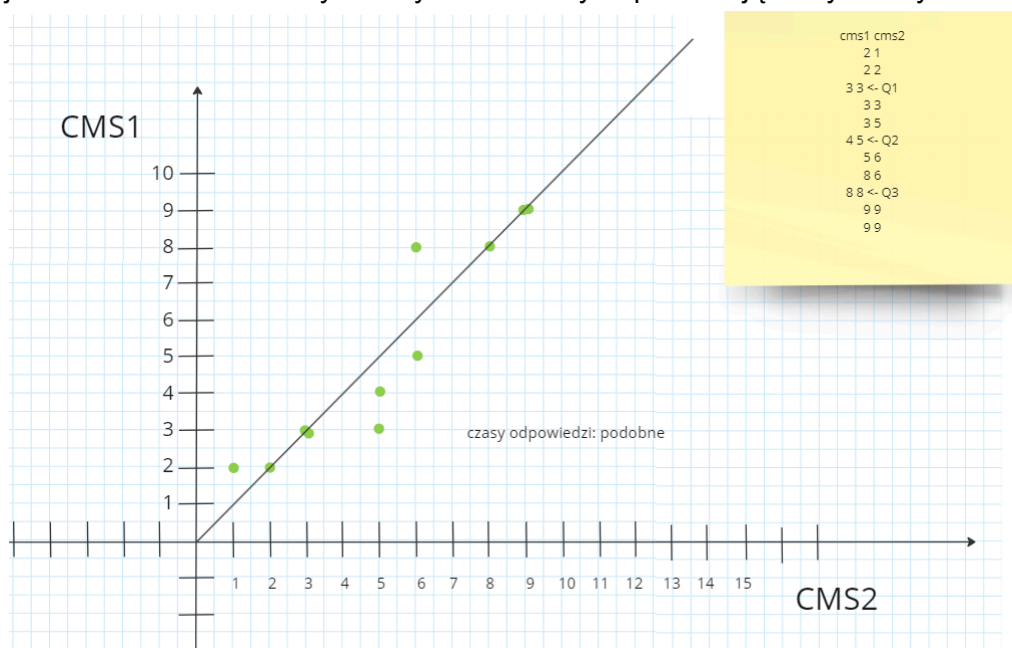
CMS1 (sorted)	2	2	3	3	3	4	5	8	8	9	9
CMS2 (sorted)	1	2	3	3	5	5	6	6	8	9	9

2. Jeżeli zbiory mają tę samą liczebność to policzyć kwantyle od 0.1 do 0.9 dla obu zbiorów (to będą pary).

$$K_a = 1 + (N-1) \cdot a$$

a-kwantyl	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Indeks	2	3	4	5	6	7	8	9	10

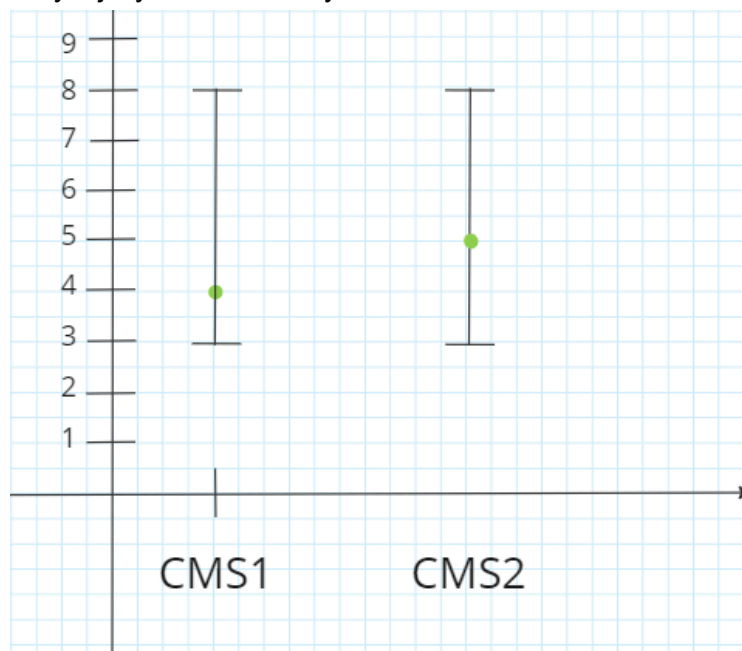
3. Narysuj wykres kwantyl-kwantyl. Jako oś X wybierz jeden ze zbiorów cms np cms2, jako oś Y zbiór cms1. Wybierz tylko elementy odpowiadające wyliczonym indeksom.



4. Jeżeli punkty układają się w wspólnej linii to rozkłady czasów są jednakowe. W przeciwnym wypadku są podobne.
5. Policz Q_1 , Q_2 , Q_3 dla obu zbiorów.
 $Q_1 = 1 + (10) * 0.25 = 3.5 \approx 4$; $Q_2 = \text{mediana} = 1 + (10) * 0.5 = 6$; $Q_3 = 1 + (10) * 0.75 = 8.5 \approx 9$

CMS1	3	4	8
CMS2	3	5	8

6. Narysuj wykres świecowy.



7. Jeżeli średnie wartości (Q_2) zawierają się w przeciwnym zakresach to systemy się nie różnią.

Zadanie 5A

Załóżmy, że system operacyjny blokuje dostęp do pliku na czas zapisu w nim. Jaki wpływ na a) szybkość, b) dostępność, będzie miało a) zwiększenie, b) zmniejszenie, rozmiaru bloku danych który jest jednorazowo zapisywany na dysk? Uzasadnij odpowiedzi.

Odpowiedź:

a) Zwiększenie Rozmiaru Bloku Danych

Szybkość:

Potencjalny Wzrost: Zwiększenie rozmiaru bloku danych może potencjalnie zwiększyć szybkość zapisu, szczególnie na dyskach HDD, ponieważ większe bloki danych zmniejszają liczbę operacji I/O wymaganych do zapisania danej ilości danych. Jest to korzystne, gdyż dyski HDD mają ograniczoną prędkość poszukiwania i zwiększenie rozmiaru bloku zmniejsza liczbę operacji poszukiwania.

Warunkowo: Na dyskach SSD efekt może być mniej zauważalny ze względu na ich szybszy dostęp losowy, ale w przypadku dużych, sekwencyjnych zapisów, większe bloki mogą również zwiększyć wydajność.

Dostępność:

Zmniejszenie: Zwiększając rozmiar bloku, blokujemy dostęp do pliku na dłuższy czas, ponieważ każda operacja zapisu zajmuje więcej czasu. To może być problematyczne w środowiskach, gdzie wymagany jest częsty i szybki dostęp do plików, na przykład w bazach danych lub systemach plików używanych przez wiele osób jednocześnie.

b) Zmniejszenie Rozmiaru Bloku Danych

Szybkość:

Potencjalne Zmniejszenie: Zmniejszenie rozmiaru bloku danych może spowolnić proces zapisu, ponieważ zwiększa się liczba operacji I/O potrzebnych do zapisania tej samej ilości danych. Dla dysków HDD, gdzie czas poszukiwania jest znaczący, może to wyraźnie wpłynąć na wydajność. W przypadku SSD różnica może być mniejsza, ale nadal zauważalna przy dużych ilościach danych.

Dostępność:

Zwiększenie: Mniejsze bloki danych oznaczają krótszy czas blokady pliku podczas każdej operacji zapisu, co poprawia dostępność pliku. Jest to korzystne w środowiskach, gdzie wymagany jest szybki dostęp do pliku przez różne procesy, ale może to być kosztem ogólnej szybkości zapisu.

Zadanie 5B

Dla pewnego łącza sieciowego zmierzono stały czas rozpoczęcia komunikacji i wynosi on 4ms. Potem dane przesyłane są z prędkością 125MB/s. Jaka będzie średnia prędkość przysyłania ciągłego bloku danych o rozmiarze a) 1B, b) 1.5MB? c) Jaki rozmiar powinien mieć blok danych, aby średnia prędkość wynosiła 100MB/s?

Przyjmując, że 1M=1E6, zapisać wyprowadzenia i wzory.

Lecząc z karty wzorów, którą będziemy mieli na Drożdziej:

nwm albo ja jestem ślepy albo ci debile nie dali tych wzorów do karty wzorów xD

no chuj:

Średnia prędkość = $\frac{\text{rozmiar danych}}{\text{łączny czas}}$, gdzie

Łączny czas = *czas rozpoczęcia* + *czas przesyłania danych*, gdzie

Czas przesyłania danych = $\frac{\text{rozmiar danych}}{\text{prędkość przesyłu}}$

Na literki we wzorach to będzie: (zapisuje literki jak oni, jakby to było na karcie czy żeby porównać):

s - średnia prędkość,

r - rozmiar,

c - czas rozpoczęcia,

p - prędkość przesyłu

$$S = \frac{r}{c + \frac{r}{p}}$$

$$\begin{aligned} \text{a) } \textit{Czas przesyłania danych} &= \frac{\text{rozmiar danych}}{\text{prędkość przesyłu}} = \frac{1B}{125MB/s} = \frac{1B}{125\,000\,000B/s} = \\ &= \frac{1}{125\,000\,000/s} = 8 \cdot 10^{-9}s \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textit{Łączny czas} &= \textit{czas rozpoczęcia} + \textit{czas przesyłania} = 4 \cdot 10^{-3}s + 8 \cdot 10^{-9}s = \\ &= 4 \cdot 10^{-3}s + 8 \cdot 10^{-9}s = 0.004s + 0.000000008s = 0.004000008s = \\ &= 4.000008 \cdot 10^{-3}s \end{aligned}$$

$$\textit{Średnia prędkość} = \frac{1B}{4.000008 \cdot 10^{-3}s} = 249.9995 \approx 250B/s$$

$$b) \text{ Czas przesyłania danych} = \frac{\text{rozmiar danych}}{\text{prędkość przesyłu}} = \frac{1.5MB}{125MB/s} = \frac{1.5}{125/s} = 0.012s$$

$$\begin{aligned} \text{Łączny czas} &= \text{czas rozpoczęcia} + \text{czas przesyłania} = 4 \cdot 10^{-3}s + 1.2 \cdot 10^{-8}s = \\ &= 4 \cdot 10^{-3}s + 12 \cdot 10^{-3}s = 16 \cdot 10^{-3}s \end{aligned}$$

$$\text{Średnia prędkość} = \frac{1.5MB}{16 \cdot 10^{-3}s} = \frac{1.5MB}{0.016s} = 93.75MB/s$$

c) Wyprowadzenia są wyżej, wyprowadzamy wzór dla r - rozmiaru:

$$s = \frac{r}{c + \frac{r}{p}} / \cdot (c + \frac{r}{p})$$

$$sc + \frac{sr}{p} = r / \cdot p$$

$$scp + sr = rp / - sr$$

$$scp = rp - sr$$

$$scp = r(p - s) / : (p - s)$$

$$r = \frac{scp}{(p-s)}$$

podstawiamy dane:

s - średnia prędkość = ma być 100MB/s,

r - rozmiar = szukane,

c - czas rozpoczęcia = 4ms,

p - prędkość przesyłu = 125MB/s

$$r = \frac{scp}{(p-s)} = \frac{100MB/s \cdot 4ms \cdot 125MB/s}{125MB/s - 100MB/s} = \frac{100 \cdot 10^6 B/s \cdot 4 \cdot 10^{-3}s \cdot 125 \cdot 10^6 B/s}{25 \cdot 10^6 B/s} =$$

$$= 4 \cdot 4 \cdot 10^{-3}s \cdot 125 \cdot 10^6 B/s = 16 \cdot 125 \cdot 10^3 B = 2000000B = 2MB$$