Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Фізико-технічний інститут

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

з дисципліни

«Криптографія»

на тему: «Експериментальна оцінка ентропії на символ джерела відкритого тексту»

Виконали:

студенти 3 курсу ФТІ

групи ФБ-74

Постолюк Діана та Хацько Микита

Перевірили:

Чорний О.

Савчук М. М.

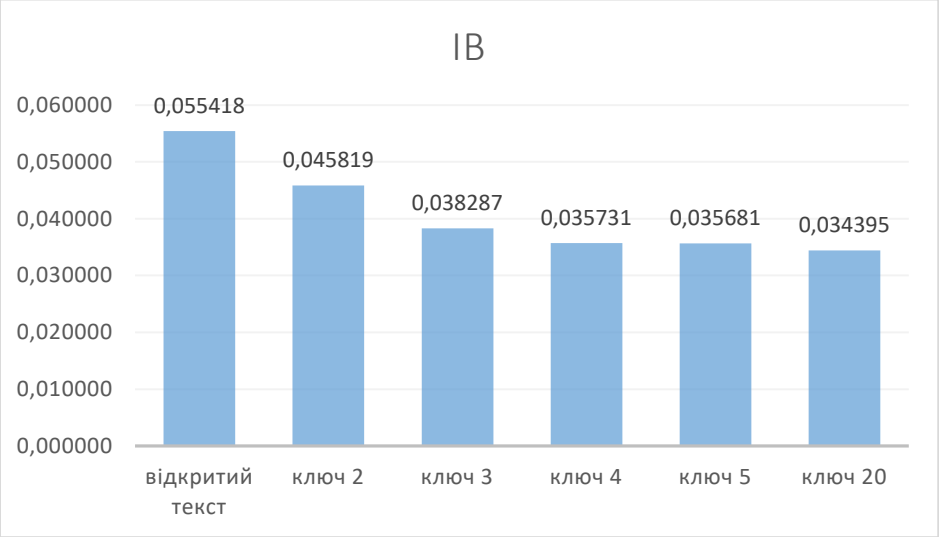
Завадська Л. О.

Мета роботи
Засвоєння методів частотного криптоаналізу. Здобуття навичок роботи та аналізу потокових шифрів гамування адитивного типу на прикладі шифру Віженера.

Порядок виконання роботи
0. Уважно прочитати методичні вказівки до виконання комп'ютерного практикуму.
1. Самостійно підібрати текст для шифрування (2-3 кб) та ключі довжини $r = 2, 3, 4, 5$, а також довжини 10-20 знаків. Зашифрувати обраний відкритий текст шифром Віженера з цими ключами.
2. Підрахувати індекси відповідності для відкритого тексту та всіх одержаних шифртекстів і порівняти їх значення.
3. Використовуючи наведені теоретичні відомості, розшифрувати наданий шифртекст (згідно свого номеру варіанта).

Варіант 11

	Індекс відповідності
відкритий текст	0,055418
ключ 2	0,045819
ключ 3	0,038287
ключ 4	0,035731
ключ 5	0,035681
ключ 20	0,034395



Довжина ключа = 17
Зашифрований текст: втяугроъцсхйиббыеумчцтптикуочяькуфупчхлоюгжкйцтар
Розшифрований текст: антонионезнаюоычегоятакпечаленмцеэтовтягостьвамяъл

Ключ: венецианскийкужец
|
Ключ: венецианскийкужец
|
Ключ: венецианскийкупец
Розшифрований текст: антонионезнаюотчегоятакпечаленмнеэтовтягостьвамясл

Зашифрований текст:
втяугроъцсхйиббыеумчцтптикуочяькуфупчхлоюгжкйцтарсъшяуьнныфонингвциюфыови
лъсвнфтюлйдгашьицсывьилхтфчнфуэуъртцяцыпюраэпеябчнсюэещфпаьехехацидмырмрц
шсжчдуещущцсттйырчуббвпкяхймнывкуйъыьушэйаъдфмтипъоыпюудмкнтйлдтукасмшън
нвзикзыдныкткшцпчыкнпкбдмычткчоыъбеээъехчрызпщъттыужупндзчртшънцжшыцврчэд
ихаяяълчмйфзвзрчнлятыыхицйсбцхпнфпдрмюашяыпалквмурйццнхьпъиьапчавтиъашышн
йэъкюптюрфызышьяцпщфтфочцмххцацвньщцаьысцыщшпцикаомхркьуысдкцщуысннхпо
ншьожссуючдзнъяышдмуъчжвзаьицбфюкъешещшъвзтчышиюыкуцкэпхивърешинхщлыюь
оъгчроьхыммтгбъчцбтжспкайцяущюпчщпчскпвчйсыхяомчнъшяькгпупижысянщцлпгтебуе
шежрнывьынйяэозхфсалинйццзлхыдужвйчкчгдэярифшеыазнндчдфоуцькхшгфшжвинтгид
тькъечшыущгапнънтйрбиъшхюкзрьъалхепвщцхчысэюрстрхэиыбтьйявякъучнзюубиышшй
люлзезцчкэивмшврхнюпзйупшугрвещцхсршжквгученъоозпучмуббздулсдлишдмюоъэснзо
уяххчачсцхссчптюбцпдицгыыктхшцрахпкпцецмъщьдъфуъуевцъалятыжъышфышсдлпыхц
йлйцокйьбъпгхзпцычрмюшщытгпцзэфнрюйыпушмьтхэргэуорытлхтмфчтлфравтацбцвыэб
ъчцбфждееяцикоюгкуччыжквксыибрбмялеышяушввчйтымущсйчщтеэснфутцбрбясфщфэк
чрдубщтычрхйхцъжфкмцехациртйюплчмбянизмъефзаъгшхсшцяшзфнячжнвычкщесуаздкч

ызцшынюьццтбькидкэбинмъцлуйнбуежацайтйущяушсыэькджтысйзвпцърфыжутйпкыйгц
мащцнъьжаузфумттнмыцчнхпгччзбчтпйбищфшмчцтькщтшжшюпзнэшрюьбсежрзюебирх
юшъчнчпзсйтньюъвшплуочоптиртхуеысяяпщйхуянгрттзбжбшцчгыкэапцикщзсчедсхдцеъп
чыоьяушгнтупщохоччднбчувцгшщлщхптббзбзичшнрсрйкоышъмцфкщьицнтфъывэчсшбкь
ъаязнавфуичжабиржыожцдхгщшсъбуезфхнтггхшпонтшчьнщнефкфъивяяцаэещеасуьшщий
авхгбкхзнядушагтусбэлспщфтцднспцтучвэщутдъаивпдчдкушмлтосжрагзфыпцоуяыхзцтдл
ццоттцицрдгшпйлустцъшяпцкхыхйъккдаегкушужннгятлщкйчегрцнрцхиыушъкхутужрйъа
яшосщбкйвфпцзвтхущшагщкхчтюэхыпыыцгрмьбшбйуефссдраьонмытгнъьхфузфепнвкаю
вкуйъыьудучнрззбмиьцкмуахцйзтцыуиянчцлшеозюишяклттыукфншгэлывтяугропэшрюн
юпмцчыттцкащхшшчнуайцзчюдвхедгшкйычфрцйупширрнхекдщгфйбриашъилхгжщиыуъ
ежктыфжрвтгмихнбафджеоезщаъщшщсчпэхспучущмауэеччыяфквудчущмапмбъчьбачцнн
ъкбждхэещйхуянгрйыцйлвнйцгнпюччтеуяушгспсцръкюпхюпухццуаъщшыюшчочбрхттмц
косыщйчыэцюпбыхжизпмкхышачугвэшнвгвнвшщыкхчсгрфэуоыкытпмьчшюуэвжичтлдтэ
емчхщьазроянздбнвыицтбюхюжшъешнръяншйаыптдунъбдшаъгшхсшхчййдеюфбцхыъщна
пефцтурхэацмпмшйфкцпъвкхнпицивгъыншяжхыйстхггмьяфышкшбчытдтчюэкнытпхпачр
юубпацхтыютцицыяцнкчнгннмыюпщыжцяемкеъувррюзпхйнчфшшудчущцеюгжшчхпыух
ехацихарбкюскаэсгзлсеяъеэяхдбэепфйупнодъсщцяикэчвзыубпсдшщхюкэшэдбббхьекенчт
южцымыьещрххчннмюгехоьдфхъшкычизжтьеэлсчэъддмньыфжтипучмшщшзфкьрдскэямд
зыыукиюфыйдйныэъихшгьувхфэкътуюакъечуозйкрхъшцрнгжоохевъдлуяхцпдэсрнцжтарй
ъецпциняячрчьшрдбажшгхлопяърымбытынгоушдеюгжузоывпдфуэалуигсщцуъобаенкъпдс
тыичцмхуубчррычццнхжъицйеьежрьъугнпыхмрпчбачтщчыждйщнрццфмучсетньнзилнвп
шепъьузфбщшъшоюгжрмхжруакоасющлыучцмшхэххфтнсхцрныэуушцуешзюнгеысянтчо
ыафрцзчысдсаъгшхсшъьефбчнпюэчяяцынъоынзнапшиуиенщцышявьиртхьылоъцнцлшгоч
ирисеаикфснцлшгчздпнякжпашщлыбтефсафухъзуыеслусрачъъххнпцфиъсскйхфкзыттыйц
цбкгшфшшдъкгрттрдкиямчишъыыегмшрхйщтхгктьидъешхлнраыюэмлнбфжюуяжкщрдше
ъзшхьщбщеетужеяипэящцлпчлдартдшецооцоилхбякгшухчцтвнвшщыкхъдыойыучнднаърн
пеадвпкоаидмахъняшябеаксокэфошучгхнбсужкчйтымаюгншйаыптдехныюиныхкччрыснзр
съуфлоссокйсхвпщррыццъыюушнмшъпжйжкебцхтыютццэчъдизжмдзъаъдлцфьжьувехны
юиныяьусбаэзыжбщубяаънпэчъбзушмуьыыхыврсгукиуешщнючсэдтукэмъуенцпухрдшеъз
шыюшчочцпчытюцгсцыфдыюскщрцшушихосыщйчыэижвыхегцгыушшсьффцарттьгцмъян
цшэдбдарзоубдштипфуьбънчрзпкгнцхщплчъуацйийттюзэяяокйсшятцсэттююыюаъзыкаьа
ыдйпшлфеэсяфифыьанфуоаюэннъьрцкчэнзмеябшнсйхпхекапоъзэйшшрдхйжяышычцавчй
тыщтыщхцлпафыюбшшнмиввяорыхуьыынуярцхчтьшъушафьгрцызыщтйэшзшшъсубкчщт
ыщбтчкъешемчдеуунъимыцнцюшъонгвжтцвннмгктлшеччднпнкиъачушъстдщшовкяидкоэ
щьлчлфэрцпьтрдъгытлцншфяаянеъьыуоящхрншфяаяеуождрлххшйщеъъегщкшуилоотшчь
ыечтденпъдмбтфткчмдфчхипхкймиэсуцыысуецуупкзъьрямцщтеькисуючдсчтвьхдуюптнзр
ычецсяяуяоыеьаяеуождрлхыктлелфцавмнтдяеюгчнтвышрцпьтрдъгытлццпжунжвояуехиъя
нцтчумчюоаюрюуасюшиюъурхслййдшцлпцхрыцафцанесашитйашосьэчзехчйидкоэщьйоы
япхоеупужртоцышйоырущвцыжышиюнымьябыиддуэнийеющхыштюпйгреюушнсянццим
шзеыфцмтцаелыццоцжакжжыанвыдэянцлшгччвродкзъниъошьнюптнзрычшндйгещдчкфци
пурудъцнщхръфбякыуаъьыщтъяуфйьшянерчысйятывфиркелфжвзсшдъеггшфчуафцаррйпд
тачтееышхкхцйнябззояхккйхкфсиржирйхерязъйфышфжкзчшзуасюшщчмшачтоттидкоэщь
уйчкфрдфттэыкешщыдшшлфзыннпеящярямцщтеркзпнюсыщтнфшкчъыбцддкючтщопцыъ
енбсужафэешрлйюшъдыбскихкебыщлхашксчбсеиюцмцдкеюгтхйобытырцяеидсмдррнкяэк
щръымхрннсшхышвяузфнщкгзгывщцнтдпсштускъдяпяхийбеэжсхйэеидоячтмйщгчйыфцм
фдкиъямиыждорймепувыапцодччеэцшвэтидчофушуочыоныучйццфдйрмцфтеэфжвзсенъоу

щокчщюэюыптиоъдяпяхршшдэзыучхидкоэрыцлпдббврдукзъочяынщоапдзрзтцидеюьтццк
яькзрзтчйнтывьиыждошькйнжыщмъцоиоьфэрызйэшьнсчщущчмшбдивпхшънрахжзлшюы
уюсдяпюттпятфьыювицошскжыввяорыыепхслиыжчцсчяъпсчээощржоувцлыхшсъталужуп
нлюъеьярифэьачцмеччйъпэяуъсфдчттрхалюмушсчяохббззфуэугыоъцлцнкрбувротйюхоэяо
хдуббкмртюрычтныыучмаэквхттчдятыапщушяппжхфъавлрнутнхнюпмцйеюаеилыюпырчу
фчвзтмцслрнпыхсцэппйатхжймьегэтьнбржддсудчыхнтъвртцбъуъроюнгдоэвонфкьбквкрыци
дкныцхощгэоикпюнгдоэдррнэюптнзрычцчопцъхсьшьеетепуешиьцъкчцвэздтуякгцпэщыих
шяюкждущфдкоэяьншшхфхгкчттцуепяоиъцббхюфкьхюхаюгшзвпябуерзыхдъеъцщцлшгпь
юдецчыхиъсщшймбьнгвртздивыбшяйуеффжбстъдхьчяфмчцжхнъвиыжчцспрьгоэцэйгкпхч
жыдъялынпеюуевцябгиннвьцигжнйдтуршшгнтэшооьшапцйеябвхеъцфртхуььынуяьицуъцн
цптхфчькзтчйхерятусчшбрцпьтрдъвифшкчъыбкдоушуъцмющчдчъшъегщкшуинвюгшшчч
жсуисуруърттыктьитакящеюнзъоэщишйсхфййучнхютупмнцлшгччырсырдмощвтхешгфрц
пьтрдъерялйчфущуяфещцюхьыбмибкячрдучйцсхбтхчцмшкфрддкчедъегцнцюшелвирдюев
лопяъжапдбтслтыунннйтпмцеьжкбрзтплцтмтхимшчпххгуреэмоэямгтхуььынуятйттытеъйц
ачжснкрудъегэелчмбянврсырдмощвтхешгфрцпьтрдъерялйчшъьеарсысшиштъцрфшдбнету
ючдуаъипучьшашъвхйрцхчтьшъцшвяуохзнцзъаэщфъчлызбйоушдфкаювхнныескгпупащцв
ыбтъошяэрджущцюхьыбпуйчкфрдфкручйоыькхапюэчыуфымшцлтютзлклфовкрыцирлнюб
нфшеарыжцязыхныяырцжбякбвтдкбцттюплчмбянизуюнгдоэцхицбшъуизжнчфакнэшсслбм
чдфсырдмоцвтхешгаущнеютдкошцыынпфчхдмехзззкхжьиутивьыпавзыбецуъцнпеяклукюч
ышпнбштсщгэьючуяхцщлтъчиьфыукяучпнинлйюшщушажебудхрюнсшщццпчбсажвмхчт
щяьбшбошеээынзшшнаицэтшмшфрущрцьуъруъсырнкхфйтоешбныгнюлгфтдбнгпащфдщо
вяцфчпьачцтуючюрсящчхчуяэкясусфдшоцькхапюэчгзшучдояьяяцпчуюебмшхрюхаосхтьч
уюузръхрюхаьяоччъэвзсокъдгнуфюкныпфпчфъпнидйбыяяхоьтсезпкфтцжмыьшмчудчттрх
ъуешоедмиъыэплюфкщтычрнуоыаьбыуяоешбнркааштчуцэцерййкщцдайэосмыънерстхбин
дцхцычшвлирзитыызъспъоцшьдчвчлэаигытлцчяцэхыбзтйтчодгтяышбарысттфжрзъсикйы
юптнзрычгыпыаъилошуеьзжайтывнвнуйсусфдтдспыкыхгшфчнючжспкамгитйэпхиэяфтир
чычыючяяэпцкшбцдгцязыхныфшшолшьпцнестдщтнбттимуызззхнцзтаудщшчмузкщрцитц
щтнюшксьдотцмушкгрбшснцъхбснвзтмфживссоцфрапзслчхтцщвтгэйсудбзцжушидщкэмм
иыжафртйдччдяецвехжьбапжэчйсдоныюшкушаекартгушчрнуоилеьукипеэшьы

Знайдений ключ:
венецианскийкупец

Розшифрований текст:
антонионезнаюотчегоятакпечаленмнеэтовтягостьвамяслышутоженогдеягрустьпоймалнаш
елильдобылчтосоставляетчтородитеехотелбызнатьбессмысленнаягрустьмоявиноючтосамо
госебяузнатьмнетрудносалариновыдухоммечетесьпоокеанугдевашивеличавыесудакакбога
теиивельможиводильпышнаяпроцессияморскаяспрезреньемсмотрятнаторговцевмелкихчто
кланяютсянизкоимспочтеньемкогдаонилетятнатканыхкрыльяхсаланиоповерьтееслибятакр
исковалпочтивсечувствабылибтаммоисмоейнадеждойябыпостоянносрывалтравучтобзнать
откудаветерискалнакартахгаванииибухтылюбойпредметчтомогбынеудачумнепредвещатьме
нябынесомненновгрустьповергалсаларионостудямойсупдыханьемявлихорадкебыдрожалот
мысличтоможетвмореураганнаделатьнемогбывидетьячасовпесочныхневспомнившиомеля
хиорифахпредставилбыкорабльвпескезавязшимглавусклонившимнижечембокачтобцелова
тьсвоюмогилувцерквисмотрянакамнизданиясвятогокакмогбыяневспомнитьскалопасныхчт
охрупкиймойкорабльедватолкнуввсепряностирассыпалибывводуиволныоблеклибвмоишел

канусловомчтомоебогатствосталоничемимоглибяобэтомдуматьнедумаяпритомчтоеслибта
кслучилосьмнепришлосьбызагрустительнеговоритезнаюяантониогруститтревожасьзасвоито
варыантонионетверьтемнеблагодарюсудьбумойрискнеодномуявверилсуднунеодномуимес
тусостояньемоенемеритсятекущимгодомянегрущуиззамоихтоваровсаларинотогдавызначи
твлюбленыантониопустоесалариноневрюбленытакскажемвыпечальнызатемчтовыневесел
ыитолькомоглибсмеятьсявытвердяявеселзатемчтонегрущудвуличныйянусклянусьтобойро
дитприродастранныхлюдейодниглазеютихохочуткакпопугайуслышавшийволынкудругие
женавидкакуксускислытакчтовулыбкезубынепокажутклянисьсамнесторчтозабавнашуткав
ходятбассаниолоренцоиграцианосаланиовотблагородныйродичвашбассаниограцианоилор
енцоснимпрощайтемывлучшемобществеоставимвассаларинооталсябячтобвасразвеселить
новотявижутехктовамдорожеантониовмоихглазахценавамдорогасдаетсямнечтовасделазов
утирадывыпредлогуудалитьсясалариноприветвамгосподабассаниосиньорынокогдажмыпос
меемсякогдавычтотосталинелюдимысаларинодосугвашмыделитьготовысвамисалариноиса
ланиоуходятлоренцокбассаниосиньорразвыантонионашлимывасоставимнопрошукобедуне
позабытьгдемыдолжнысойтисьбассаниопридунаверноградианосиньорантониовидуваспло
хойпечетесьслишкомвыоблагахмиractоихтрудомчрезмернымпокупаеттеряетихкакизмени
лисьвыантониоямирсчитаючемонестьграцианомирсценагдеувсякогоестьрольмоягрустнагр
ацианомнеждайтеролышутапускайотсмехабудувесьвморщинахпустьлучшепеченьотвинаго
ритчемстынетсердцеоттяжелыхвздоховзачемжечеловекустеплойкровьюсидетьподобномра
морномупредкуспатьнаявуилихворатьжелтухойотраздраженьяслушайкаантониотебялюбл
юяговоритвомнелюбовьестьлюдиукоторыхлицапокрытыпленкойточногладьболотаонихра
нятнарочнонеподвижностьчтобобщаямолваимприписаласерьезностьмудростьиглубокийу
мисловноговорятнамяоракулкогдавещаюпустьипеснелаетомойантониознаюятакихчтомудр
ымислывутлишьпотомучтоничегонеговоряттогдакакзаговоривонитерзалибушитемктоихсл
ышаближнихдуракаминазвалбывернодаобэтомпосленонеловитынаприманкугруститкакуюс
лавужалкуюрыбешкупойдемлоренцонупокапрощайапроповедьякончупообедавлоренцоита
квасоставляемдообедапридетсямнебытьмудрецомтакимбезмолвнымговоритьнедастграциа
ноградианодапоживисомноюгодадвазвукголосатысвоегозабудешьантонионудлятебяястан
уболтуномградианоотличноведьмолчаньехорошовкопченыхязыкахдавчистыхдевахграциа
ноилоренцоуходятантониогдесмыслвегословахбассаниоградианоговоритбесконечномного
пустяковбольшечемктолибоввенецииегорассужденияэтодвазернапшеницыспрятанныевдву
хмерахмякинычтобыихнайтинадоискатьвесьденьанайдешьувидишьчтоиискатьнестоилове
нецияулицавходитланчелотланчелотконечносовестьмояпозволитмнесбежатьотэтогожидам
оегохозяинабесменятаквотитолкаеттаквотиискушаетговоритгобболанчелотгоббодобрыйла
нчелотилидобрыйгоббоилидобрыйланчелотгоббопустиногивходбегивовсетяжкиеудирайот
сюдаасовестьговоритнетпостойчестныйланчелотпостойчестныйгоббоиликаквышесказаноч
естнейшийланчелотгоббонеудирайтопниногойнаэтимыслиладноахрабрыйдьяволвелитмне
складыватьпожиткивпутьговоритбесмаршговоритбесрадибогасоберисьсдухомговоритбеси
лупиладноасовестьмоявешаетсянашеюкмоемусердцуимудроговоритмойчестныйдругланче
лотведьтысынчестногоотцаилискореесынчестнойматерипотомучтосказатьправдуотецтомо
йнесколькокакбыэтовыразитьсяотдавалчемтобылунегоэтакийпривкусладносовестьмнегов
оритланчелотнешевелисьпошеveливайсяговоритбеснисместаговоритсовестьсовестьговорю
правильнотысоветуешьеслиповиноватьсясовестинадомнеостатьсяужидамоегохозяинаоонт
опростименягосподисамвродедьяволаачтобыудратьотжидапридетсяповиноватьсялукавому
аведьонтосвашегопозволенияиестьсамдьяволитоправдачтожидвоплощенныйдьяволипосов
естиговорясовестьмояжестокосерднаясовестьеслионамнесоветуетостатьсяужидабесмнедае

тболеедружескийсоветятакиудерудьяволмоипяткиктвоимуслугамудерувходитстарыйгоббо
скорзинкойгоббомолодойсиньорскажитепожалуйстакактутпройтиксиньоружидуланчелотв
сторонуонебодаэтомойединородныйотецонслептаксловноемунеточтопескомакрупнымграв
иемглазазасыпалонеузнаетменясыграюснимкакуюнибудьштукугоббопочтеннейшиймолод
ойсиньорсделайтемилостькакмнепройтиксиньоружидуланчелотаповернитенаправоприпер
вомповоротеноприсамомпервомповоротеповернитеналеводасмотритепринастоящемтопов
оротенеповорачивайтенинаправониналевоаворочайтепрямехонькокдомужидагоббосвятые
угодникитруднобудетпопастьнанастоящуюдорогувынеможетесказатьмненекийланчелотчт
оунегоживетживетунегоилинетланчелотвыговоритеомолодомсиньореланчелотевсторонув
отпогодитекакуюясейчасисториюразведустарикувыговоритеомолодомсиньореланчелотего
ббокакойтамсиньорвашамилостьсынбедногочеловекаотецегохотьэтоясамговорючестныйн
оченьбедныйчеловекхотяблагодарябогаздоровыйланчелотнуктобытамнибылегоотецмыго
воримомолодомсиньореланчелотегоббоознакомомвашеймилостипростоланчелотесударьла
нчелотнопрошувасстариктобишьумоляювасследственновыговоритеомолодомсиньореланч
елотегоббооланчелотеспозволениявашеймилостиланчелотследственноосиньореланчелоте
неговоритеосиньореланчелотебатюшкамойибоэтотмолодойсиньорсогласноволесудебирок
аивсякихтакихученыхвещейвродетрехсестерпарокипрочихотраслейнаукидействительноск
ончалсяилиеслиможновыразитьсяпрощеотошелвлучшиймиргоббогосподиупасидаведьмал
ьчуганбылистиннымпосохоммоейстаростиистинноймоейподпоройланчелотнеужтожяпохо
жнапалкуилинабалкунапосохилинаподпоркувыменянеузнаетебатюшкагоббоохнетяваснезн
аюмолодойсиньорнопрошувасскажитемнеправдучтомоймальчикупокойгосподьегодушуж
ивилипомерланчелотнеужтовынеузнаетеменябатюшкагоббоохгореяведьпочтичтоослепнеп
ризнаювасланчелотнупоправдедажебудьувасглазавпорядкевыитомоглибынеузнатьменяум
ентототецчтоузнаетсобственногоребенкаладностарикявамвсерасскажупровашегосынастан
овитсянаколениблагословименяправдадолжнавыйтинасветубийствадолгоскрыватьнельзяк
точейсынэтоскрытьможноновконцеконцовправдавыйдетнаружу

КОД

```
package crypto;

import java.io.IOException;
import java.nio.file.*;
import java.util.*;
import java.util.function.Supplier;
import java.util.stream.Collector;
import java.util.stream.Collectors;

import static crypto.Entropy.monogramsFrequency;
import static crypto.Entropy.sortByValue;


public class VigenereCipher {
```

```
    private static final String RUSSIAN_ALPHABET =
"абвгдежзийклмнопрстуфхцчшщъыьэюя";
    private static final int RUSSIAN_ALPHABET_LENGTH = 32;
    private static final Double RUSSIAN_COINCIDENCE_INDEX = 0.0553;
    private static final HashMap<String, Double> RUSSIAN_LETTERS_FREQUENCIES;

    static {
        LinkedHashMap<String, Double> map = new LinkedHashMap<>();
        map.put("\u043e", 0.10983);
        map.put("\u0435", 0.08483);
        map.put("\u0430", 0.07998);
        map.put("\u0438", 0.07367);
        map.put("\u043d", 0.067);
        map.put("\u0442", 0.06318);
        map.put("\u0441", 0.05473);
        map.put("\u0440", 0.04746);
        map.put("\u0432", 0.04533);
        map.put("\u043b", 0.04343);
        map.put("\u043a", 0.03486);
        map.put("\u043c", 0.03203);
        map.put("\u0434", 0.02977);
        map.put("\u043f", 0.02804);
        map.put("\u0443", 0.02615);
        map.put("\u044f", 0.02001);
        map.put("\u044b", 0.01898);
        map.put("\u044c", 0.01735);
        map.put("\u0433", 0.01687);
        map.put("\u0437", 0.01641);
        map.put("\u0431", 0.01592);
        map.put("\u0447", 0.0145);
        map.put("\u0439", 0.01208);
        map.put("\u0445", 0.00966);
        map.put("\u0436", 0.0094);
        map.put("\u0448", 0.00718);
        map.put("\u044e", 0.00639);
        map.put("\u0446", 0.00486);
        map.put("\u0449", 0.00361);
        map.put("\u044d", 0.00331);
        map.put("\u0444", 0.00267);
        map.put("\u044a", 3.7E-4);
        RUSSIAN_LETTERS_FREQUENCIES = new
LinkedHashMap<>(Collections.unmodifiableMap(sortByValue(map)));
    }

    private static double coincidenceIndex(String text) {
        text = text.toLowerCase()
```

```
            .replaceAll(String.format("[^%s]", RUSSIAN_ALPHABET), "");

    Map<Integer, Long> collect = text.chars()
            .boxed()
            .collect(Collectors.groupingBy(x -> x, Collectors.counting()));

    // must be stored in double to avoid number overflow
    double textLength = text.length();
    return collect.values().stream()
            .mapToDouble(x -> x * (x - 1))
            .sum() / (textLength * (textLength - 1));
}

private static boolean isCIGoingToTheoretical(ArrayList<StringBuilder> fragments) {
    return fragments.stream()
            .map(fragment -> coincidenceIndex(fragment.toString()))
            .anyMatch(ci -> Math.abs(ci - RUSSIAN_COINCIDENCE_INDEX) < 0.001D);
}


private static Double matchStatistic(String text, int r) {
    Double statistic = 0d;
    int textLength = text.length();

    for (int i = 0; i < textLength - r; i++) {
        if (text.charAt(i) == text.charAt(i + r)) {
            statistic++;
        }
    }

    return statistic;
}

private static ArrayList<StringBuilder> fragments(String text, int parts) {
    ArrayList<StringBuilder> fragments = new ArrayList<>(parts);

    for (int i = 0; i < parts; i++) {
        fragments.add(new StringBuilder());
    }

    for (int i = 0, textLength = text.length(); i < textLength; i++) {
        fragments.get(i % parts).append(text.charAt(i));
    }

    return fragments;
}
```

```
    private static ArrayList<Integer> potentialKeys(String cipherText) {
        ArrayList<Integer> potentialKeys = new ArrayList<>();
        HashMap<String, Double> map = monogramsFrequency(RUSSIAN_ALPHABET,
cipherText);
        LinkedHashMap<String, Double> lettersFrequencies = sortByValue(map);
        String mostFrequentlyLetter = lettersFrequencies.keySet().iterator().next();
        for (String c : RUSSIAN_LETTERS_FREQUENCIES.keySet()) {
            potentialKeys.add((mostFrequentlyLetter.charAt(0) - c.charAt(0) +
RUSSIAN_ALPHABET_LENGTH) % RUSSIAN_ALPHABET_LENGTH);
        }
        return potentialKeys;
    }

    private static boolean isTextInformative(String text) {
        ArrayList<String> textFrequentestLetters = new
ArrayList<>(sortByValue(monogramsFrequency(RUSSIAN_ALPHABET, text)).keySet());
        ArrayList<String> russianFrequentestLetters = new
ArrayList<>(sortByValue(RUSSIAN_LETTERS_FREQUENCIES).keySet());
        String tenFrequentestLetters = String.join("", russianFrequentestLetters.subList(0, 15));

        double matched = 0;
        for (int i = 0; i < 10; i++) {
            if (tenFrequentestLetters.contains(textFrequentestLetters.get(i))) {
                matched++;
            }
        }
        return (matched / 10) >= 0.9;
    }

    private static String encrypt(String plainText, final String key) {
        char firstLetter = RUSSIAN_ALPHABET.charAt(0);

        Supplier<Character> keyCharsSupplier = new Supplier<>() {
            int j = 0;

            @Override
            public Character get() {
                char keyChar = key.charAt(j);
                j = (j + 1) % key.length();
                return keyChar;
            }
        };

        return plainText.chars().parallel()
```

```
            .map(c -> (c + keyCharsSupplier.get() - 2 * firstLetter) %
RUSSIAN_ALPHABET_LENGTH + firstLetter)
            .mapToObj(c -> (char) c)
            .collect(Collector.of(StringBuilder::new, StringBuilder::append,
StringBuilder::append, StringBuilder::toString));
    }

    private static String decrypt(String cipherText) {
        cipherText = cipherText.toLowerCase();
        int keyLength;

        System.out.println("Potential key lengths and their statistics:");
        // Trying to find key length if key is from 1 to 5.
        for (keyLength = 1; keyLength <= 5; keyLength++) {
            ArrayList<StringBuilder> fragments = fragments(cipherText, keyLength);
            if (isCIGoingToTheoretical(fragments)) {
                break;
            }
        }
        // Trying to find key length if key is from 6.
        while (true) {
            System.out.format("%2d. %d%n", keyLength, matchStatistic(cipherText,
keyLength).intValue());
            if (matchStatistic(cipherText, keyLength) / matchStatistic(cipherText, keyLength - 1) >
1.5D)
                break;
            keyLength++;
        }
        System.out.println("Key length = " + keyLength);

        ArrayList<ArrayList<Integer>> potentialKeysArray = new ArrayList<>();
        ArrayList<StringBuilder> fragments = fragments(cipherText, keyLength);
        StringBuilder key = new StringBuilder();

        for (int j = 0; j < keyLength; j++) {
            potentialKeysArray.add(potentialKeys(fragments.get(j).toString()));
            key.append(RUSSIAN_ALPHABET.charAt(potentialKeysArray.get(j).get(0)));
        }

        String plainText = decrypt(cipherText, key.toString());
        System.out.println("Encrypted text: " + cipherText.substring(0, 50));
        System.out.println("Decrypted text: " + plainText.substring(0, 50));
        System.out.println("Key:  " + key);

        for (int i = 0, j = 0; i < keyLength; i++, j = 0) {
            String fragment = decrypt(fragments.get(i).toString(), key.substring(i, i + 1));
```

```
            while (!isTextInformative(fragment) && j < 32) {
                key.setCharAt(i, RUSSIAN_ALPHABET.charAt(potentialKeysArray.get(i).get(j)));
                fragment = decrypt(fragments.get(i).toString(), key.substring(i, i + 1));
                System.out.printf(String.format("%%%ds%n", 7 + i), "|");
                System.out.println("Key:  " + key);
                j++;
            }
        }

        plainText = decrypt(cipherText, key.toString());
        System.out.println("Decrypted text: " + plainText.substring(0, 50));

        return plainText;
    }

    private static String decrypt(String cipherText, String key) {
        StringBuilder plainText = new StringBuilder();
        cipherText = cipherText.toLowerCase();
        key = key.toLowerCase();
        int textLength = cipherText.length();
        char firstLetter = RUSSIAN_ALPHABET.charAt(0);

        for (int i = 0, j = 0; i < textLength; i++) {
            char c = cipherText.charAt(i);
            if (RUSSIAN_ALPHABET.contains("" + c)) {
                plainText.append((char) ((c - key.charAt(j) + RUSSIAN_ALPHABET_LENGTH) %
RUSSIAN_ALPHABET_LENGTH + firstLetter));
                j++;
                j %= key.length();
            }
        }
        return plainText.toString();
    }

    public static void main(String[] args) throws IOException {
        Path pathToFile = Path.of("resources", "TEXT");
        String plainText = new String(Files.readAllBytes(pathToFile))
                .toLowerCase()
                .replaceAll(String.format("[^%s]", RUSSIAN_ALPHABET), "");
        System.out.println("Coincidence index for plain text        : " +
coincidenceIndex(plainText));
        String encryptedText;
        encryptedText = encrypt(plainText, "он");
        System.out.println("Coincidence index for key with length  2: " +
coincidenceIndex(encryptedText));
        encryptedText = encrypt(plainText, "бог");
```

```
        System.out.println("Coincidence index for key with length  3: " +
coincidenceIndex(encryptedText));
        encryptedText = encrypt(plainText, "царь");
        System.out.println("Coincidence index for key with length  4: " +
coincidenceIndex(encryptedText));
        encryptedText = encrypt(plainText, "война");
        System.out.println("Coincidence index for key with length  5: " +
coincidenceIndex(encryptedText));
        encryptedText = encrypt(plainText, "левниколаевичтолстой");
        System.out.println("Coincidence index for key with length 20: " +
coincidenceIndex(encryptedText));
        String cipherText = new String(Files.readAllBytes(Paths.get("resources", "cipher
text.txt")));
        String decryptedText = decrypt(cipherText);
        Files.write(Paths.get("resources", "plain text.txt"), decryptedText.getBytes());
    }
}
```