Pthread Report from team20

> *Fifth assignment of course Operating System*
>
> *Professor: 周志遠*

Part 1: member list and contributions

Member list

- 109062274 資訊工程系三年級 楊子慶 `Eroiko`
- 109080076 生科院學士班三年級 俞政佑 `Blue`

Contributions

Items	楊子慶	俞政佑
Basic & Experiment Implementation	V	
Implementation report	V	
Experiment report		V

Explain the implementation Part

`TSQueue` implementation

`TS_Queue::TS_Queue`

`TS_Queue` 物件要管理幾個 counter, buffer, lock 和 condition variables。

故我們要初始化 counter 和 buffer:

```
buffer = new T[buffer_size];
size = 0;
head = buffer_size - 1;
tail = 0;
```

初始化 lock, 使用 `pthread_mutex_init` 函式:

```
// initialize mutex for critical section
pthread_mutex_init(&mutex, NULL);
```

初始化 condition variables, 使用 `pthread_cond_init` 函式:

```
// initialize conditional variables
pthread_cond_init(&cond_enqueue, nullptr);
pthread_cond_init(&cond_dequeue, nullptr);
```

故總體為:

```cpp
TSQueue<T>::TSQueue(int buffer_size) : buffer_size(buffer_size) {
    // TODO: implements TSQueue constructor
    // initialize members
    buffer = new T[buffer_size];
    size = 0;
    head = buffer_size - 1;
    tail = 0;
    // initialize mutex for critical section
    pthread_mutex_init(&mutex, NULL);
    // initialize conditional variables
    pthread_cond_init(&cond_enqueue, nullptr);
    pthread_cond_init(&cond_dequeue, nullptr);
}
```

`TS_Queue::~TS_Queue`

與建構子對應, 我們要刪除必要歸還的成員:

```cpp
// free members
delete [] buffer;
```

同時要歸還 lock 和 condition variables:

```cpp
// destroy condition variables
pthread_cond_destroy(&cond_enqueue);
pthread_cond_destroy(&cond_dequeue);
// delete the mutex
pthread_mutex_destroy(&mutex);
```

故總體為:

```
template <class T>
TSQueue<T>::~TSQueue() {
    // TODO: implements TSQueue destructor
    // free members
    delete [] buffer;
    // destroy condition variables
    pthread_cond_destroy(&cond_enqueue);
    pthread_cond_destroy(&cond_dequeue);
    // delete the mutex
    pthread_mutex_destroy(&mutex);
}
```

`TS_Queue::enqueue`

插入元素會更改 queue, 故我們應該在在新增資料時鎖定本物件, 進入 critical section。

```
pthread_mutex_lock(&mutex); // enter critical section
// ****** critical section ******
//...
//...
//...
// ****** critical section ******
pthread_mutex_unlock(&mutex); // leave critical section
```

在 critical section 中, 只有在本資結還塞的下東西時才可以新增資料, 故規定 `cond_enqueue` 這個 condition variable 負責鎖定 `TSQueue::enqueue` 操作, 若 queue 已經額滿, 則 wait 直到解除鎖定。解除鎖定的條件是: 本資結還放得下東西, 故當隊列已經滿了, 使用回圈等待通知說有空位:

```
// ****** critical section ******
// ...
// block if the queue is full
while (size == buffer_size)
    pthread_cond_wait(&cond_enqueue, &mutex);
// ...
// ****** critical section ******
```

若有空位, 則可以放入新資料, 並正確的調整 counter:

```
// ****** critical section ******
// ...
// enqueue, size < buffer_size
buffer[tail] = item;
tail = (tail + 1) % buffer_size;
++size;
// ...
// ****** critical section ******
```

我們加入新元素後, 隊列即不為空當隊列有資料時, `TSQueue::dequeue` 始得完成其行為, 故我們應該通知懸停在等待 `cond_dequeue` 條件的執行緒可以繼續進行他們的工作:

```
// ****** critical section ******
// ...
// notify dequeue since we have at least one element
pthread_cond_signal(&cond_dequeue);
// ...
// ****** critical section ******
```

而後離開 critical section。所以整體程式碼可以實作為:

```
template <class T>
void TSQueue<T>::enqueue(T item) {
    // TODO: enqueues an element to the end of the queue
    pthread_mutex_lock(&mutex); // enter critical section
    // ****** critical section ******
    // block if the queue is full
    while (size == buffer_size)
        pthread_cond_wait(&cond_enqueue, &mutex);
    // enqueue, size < buffer_size
    buffer[tail] = item;
    tail = (tail + 1) % buffer_size;
    ++size;
    // notify dequeue since we have at least one element
    pthread_cond_signal(&cond_dequeue);
```

```
    // ****** critical section ******
    pthread_mutex_unlock(&mutex); // leave critical section
}
```

`TS_Queue::dequeue`

起除元素會更改 queue, 故我們應該在在取出資料時鎖定本物件, 進入 critical section。

```
pthread_mutex_lock(&mutex); // enter critical section
// ****** critical section ******
// ...
// ...
// ...
// ****** critical section ******
pthread_mutex_unlock(&mutex); // leave critical section
```

在 critical section 中, 只有在本資結有東西可以取出時才可以取出資料, 故規定 `cond_dequeue` 這個 condition variable 負責鎖定 `TSQueue::dequeue` 操作, 若 queue 為空, 則 wait 直到解除鎖定。解除鎖定的條件是: 本資結至少有一個東西可以取出, 故當隊列為空, 使用回圈等待通知說有可取出的物件:

```
// ****** critical section ******
// ...
// block if no element to be dequeue
while (!size)
    pthread_cond_wait(&cond_dequeue, &mutex);
// ...
// ****** critical section ******
```

若有資料, 則取出資料, 並正確的調整 counter:

```
// ****** critical section ******
// ...
// dequeue, size >= 1
head = (head + 1) % buffer_size;
ret = buffer[head];
--size;
// ...
// ****** critical section ******
```

我們取出一個元素後, 隊列至少有一個空位, `TSQueue::enqueue` 始得完成其行為, 故我們應該通知懸停在等待 `cond_enqueue` 條件的執行緒可以繼續進行他們的工作:

```
// ****** critical section ******
// ...
// notify enqueue since we have a least one empty space
pthread_cond_signal(&cond_enqueue);
// ...
// ****** critical section ******
```

而後離開 critical section。所以整體程式碼可以實作為:

```
template <class T>
T TSQueue<T>::dequeue() {
    // TODO: dequeues the first element of the queue
    T ret; // element to be dequeued
    pthread_mutex_lock(&mutex); // enter critical section
    // ****** critical section ******
    // block if no element to be dequeue
    while (!size)
        pthread_cond_wait(&cond_dequeue, &mutex);
    // dequeue, size >= 1
    head = (head + 1) % buffer_size;
    ret = buffer[head];
    --size;
    // notify enqueue since we have a least one empty space
    pthread_cond_signal(&cond_enqueue);
    // ****** critical section ******
```

```
17      pthread_mutex_unlock(&mutex); // leave critical section
18      return ret;
19  }
```

`TS_Queue::get_size`

本方法不更動物件本身, 無需進入 critical section, 直接回傳 `TSQueue::size` 的值:

```
1  template <class T>
2  int TSQueue<T>::get_size() {
3      // TODO: returns the size of the queue
4      return size;
5  }
```

`Writer` implementation

`Writer::start`

使用 `pthread_create` 建立執行緒, 並指定執行緒要做的 routine 為 `static Writer::process`。

```
1  void Writer::start() {
2      // TODO: starts a Writer thread
3      pthread_create(&t, nullptr, Writer::process, (void *) this);
4  }
```

`Writer::process`

仿造 `Reader::process` 靜態方法, 若還沒寫入足夠數量的資料, 就遞減紀錄寫入數量 counter, 並呼叫 `output_queue` 的 `TSQueue::dequeue` 方法取出資料寫入, 結束後回傳空指標。

```cpp
void* Writer::process(void* arg) {
    // TODO: implements the Writer's work
    auto writer = (Writer *) arg;
    while (writer->expected_lines--)
        writer->ofs << *writer->output_queue->dequeue();
    return nullptr;
}
```

`Producer` implementation

`Producer::start`

使用 `pthread_create` 建立執行緒, 並指定執行緒要做的 routine 為 `static Producer::process`。

```cpp
void Producer::start() {
    // TODO: starts a Producer thread
    pthread_create(&t, nullptr, Producer::process, (void *) this);
}
```

`Producer::process`

`Producer` 的任務是無限的將 `Producer::input_queue` 的資料透過 `Transformer::producer_transform` 來生產資料並放入 `Producer::worker_queue`, 另外要注意 Heap 記憶體管理的議題: 刪除不再使用的物件。

```cpp
void* Producer::process(void* arg) {
    // TODO: implements the Producer's work
    auto producer = (Producer *) arg;
    while (true) {
        if (producer->input_queue->get_size()) {
            Item * it = producer->input_queue->dequeue(); // item to be processed and deleted
            auto val = producer->transformer->producer_transform(it->opcode, it->val); // new value
            producer->worker_queue->enqueue(new Item(it->key, val, it->opcode));
            delete it;
        }
    }
    return nullptr;
}
```

`Consumer` implementation

`Consumer::start`

使用 `pthread_create` 建立執行緒, 並指定執行緒要做的 routine 為 `static Consumer::process`。

```cpp
void Consumer::start() {
    // TODO: starts a Consumer thread
    pthread_create(&t, nullptr, Consumer::process, (void *) this);
}
```

`Consumer::cancel`

將旗標 `is_cancel` 設為零, 通知 `static Consumer::process` 結束其無限迴圈並刪除 `Consumer` 實例。

```cpp
int Consumer::cancel() {
    // TODO: cancels the consumer thread
    is_cancel = true;
    return pthread_cancel(t);
}
```

`Consumer::process`

我們要實作的部分與 `static Producer::process` 幾乎相同, 只是改由 `wConsumer::worker_queue` 取出, 由 `Transformer::consumer_transform` 轉換資料後放入 `Consumer::output_queue` 中。

```cpp
// inside Consumer::process static method
while (!consumer->is_cancel) {
    pthread_setcancelstate(PTHREAD_CANCEL_DISABLE, nullptr);

    // TODO: implements the Consumer's work
    if (consumer->worker_queue->get_size()) {
        Item * it = consumer->worker_queue->dequeue();
        auto val = consumer->transformer->consumer_transform(it->opcode, it->val);
        consumer->output_queue->enqueue(new Item(it->key, val, it->opcode));
        delete it;
    }

    pthread_setcancelstate(PTHREAD_CANCEL_ENABLE, nullptr);
}
```

`ConsumerController` implementation

為了較為精確地實現計時器的功能, 我採用 `sigaction` 和 `timer` 的 API, 這使我要另外 include `signal.h` 和 `sys/time.h` 這兩個標頭檔, 並為 `ConsumerController` 物件新增一個靜態成員 `global_ctr` 和靜態方法 `static ConsumerController::handler`。

另外, 為了方便紀錄實驗數據, 我定義了兩個不影響整體邏輯的全域變數: `rec_ptr`, `print_scaling_msg` 讓我們可以更方便地做實驗, 這個細節將留到實驗講解來說明。

`ConsumerController::~ConsumerController`

原本 `TODO` 並沒有這一塊的修改, 不過為了實現計時器的功能, 我需要在 `ConsumerController` 結束其生命週期時將靜態成員 `global_ctr` 重設為 `nullptr` 以確保 `ConsumerController::process` 可以如預期般結束無窮迴圈。

```
1  ConsumerController::~ConsumerController() {
2      if (global_ctr == this)
3          global_ctr = nullptr;
4  }
```

`ConsumerController::start`

為了紀錄實驗數據, 首先要先初始化 `rec_ptr` 這個紀錄 `ConsumerController` scaling 情況的 `vector<int> *`。

當外界選擇為此全域向量指標分配記憶體空間 (即不為 `nullptr`), 表示我們要紀錄實驗數據, 故在本方法中重設此向量指標, 並加入當前的 Consumer 數量 (一開始必為 `0`)。

接著要初始化我們的靜態成員 `ConsumerController::global_ctr`, 將其設為實例自身, 以便後續計時器可以順利運作。

最後使用 `pthread_create` 建立執行緒, 並指定執行緒要做的 routine 為 `static ConsumerController::process`。

```
void ConsumerController::start() {
    // TODO: starts a ConsumerController thread
    if (rec_ptr) {
        rec_ptr->clear();
        rec_ptr->push_back(0);
    }
    global_ctr = this;
    pthread_create(&t, nullptr, ConsumerController::process, (void *) this);
}
```

`ConsumerController::process`

為了完成在一定時間內檢查並對目前擁有的 `Consumer` 數量進行 scaling, 我選擇使用 `sigaction` 和 `timer` 這兩個 Unix API 來完成。

參考 How to setup a "precise" periodic timer to monitor stuff in Linux(C/C++)? 的介紹, 我...

1. 建立一個 `sigaction` 物件, 設定 `struct sigaction::sa_handler` 成員 (實際上這是一個 macro, 會展開為正確的內部成員) 為 `static ConsumerController::handler` 靜態方法, 最後呼叫 `sigaction` 函式, 將此物件的參考傳入, 同時設定要觸發的 signal 類型, 在此我選擇一個簡單的 `SIGALRM` (signal alarm)。
2. 設定 timer, 先建立 `itimerval` 物件方便 Linux 幫我們計時, 初始化其 `itimerval::it_interval` (表計時歸零後要重新初始化的值) 和 `itimerval::it_value` (表計時器一開始的數值)。最後調用 `setitimer` 函式開始計時, 傳入剛才創建好的 `itimerval` 物件, 並設定計時種類為 `ITIMER_REAL` 表示以系統時間為準。
3. 最後進入無限迴圈, 等待 `ConsumerController::cancel` 被呼叫使 `global_ctr` 變為 `nullptr` 後結束回圈, 並回傳空指標。

故整體程式碼可以實作如下:

```
void* ConsumerController::process(void* arg) {
    // TODO: implements the ConsumerController's work
    ConsumerController * cur = (ConsumerController *) arg;
```

```
4
5       // signal action alarm handler
6       struct sigaction act; // make a signal action
7       act.sa_handler = handler; // assign handler
8       sigaction(SIGALRM, &act, nullptr); // set signal triggering
9
10      // set periodic timer
11      long u_period = cur->check_period; // interval in microsecond
12      itimerval itv; // interval timer
13      itv.it_interval = itv.it_value = { u_period / 1000000,
    u_period % 1000000 }; // init timer value
14      setitimer(ITIMER_REAL, &itv, nullptr); // set timer w.r.t.
    real system time
15
16      // infinite loop
17      while (global_ctr);
18
19      return nullptr;
20  }
```

`ConsumerController::handler`

最後是我新增的 `ConsumerController::handler` 方法, 其在每次計時器歸零時都會被呼叫, 傳入訊號觸發的類型 `signo`。故在確定 signal 為方才設定好的 `SIGALRM` 後, 便能開始 `Consumer` 數量的監控與調整邏輯:

1. worker size 超過上界: 增加一個 `Consumer`
2. worker size 低於下界且不為一: 減少一個 `Consumer`

故整體程式碼實作為:

```
1   void ConsumerController::handler(int signo) {
2       if (global_ctr) {
3           int wk_sz = global_ctr->worker_queue->get_size(), // size
    of work_queue
4               cm_sz = global_ctr->consumers.size(); // size of
    consumer
```

```
        switch (signo) {
        case SIGALRM:
            if (wk_sz > global_ctr->high_threshold) {
                global_ctr->consumers.push_back(new Consumer(global_ctr->worker_queue, global_ctr->writer_queue, global_ctr->transformer));
                global_ctr->consumers.back()->start();
                if (print_scaling_msg)
                    std::cout << "Scaling up consumers from " << cm_sz << " to " << (cm_sz + 1) << std::endl;
                if (rec_ptr)
                    rec_ptr->push_back(cm_sz + 1);
            }
            else if (wk_sz < global_ctr->low_threshold && cm_sz > 1) {
                global_ctr->consumers.back()->cancel();
                global_ctr->consumers.pop_back();
                if (print_scaling_msg)
                    std::cout << "Scaling down consumers from " << cm_sz << " to " << (cm_sz - 1) << std::endl;
                if (rec_ptr)
                    rec_ptr->push_back(cm_sz + 1);
            }
            break;
        }
    }
}
```

至此, 除 main 函式以外的邏輯都實作完畢。

implementation of `main`

我為主程式設計了兩個幫手函式: `one_run` 和 `one_experiment`, 他們的目的是:

1. `one_run`: 根據我們想要的參數進行一次運行, 傳入一次正常執行所需要的全部參數資訊, 具體的參數在本函式的簽名寫得很清楚, 故不贅述。
2. `one_experiment`: 進行一次「實驗」, 其會調用 `one_run` 函式, 並計時與寫出實驗

數據。

以下讓我介紹這兩個函式。

`one_run`

根據傳入的參數初始化 `input_queue`, `worker_queue`, `writer_queue`, `reader`, `writer`, `transformer`, `pv` (vector of producer), `ctr` (consumer controller) 這些執行緒, 並執行之, 然後等待 `reader` 和 `writer` 完成後把這些執行緒刪除。

```
/**
 * Conduct a single run with assigned parameters
 * @param r_qs     reader queue size
 * @param wk_qs    worker queue size
 * @param wt_qs    writer queue size
 * @param cs_h_th  consumer controller high threshold size
 * @param cs_l_th  consumer controller low threshold size
 * @param cs_per   check period of consumer controller
 * @param in       input file name
 * @param out      output file name
 * @param lines    numbers of lines in "in" file
 */
void one_run(
    int r_qs, int wk_qs, int wt_qs,
    int cs_h_th, int cs_l_th, int cs_per,
    std::string & in, std::string & out,
    int lines)
{
    // prepare queues
    auto input_queue = new TSQueue<Item *>(r_qs),
        worker_queue = new TSQueue<Item *>(wk_qs),
        writer_queue = new TSQueue<Item *>(wt_qs);

    // init and start reader thread
    auto reader = new Reader(lines, in, input_queue);
    reader->start();

```

```
28      // init and start writer thread
29      auto writer = new Writer(lines, out, writer_queue);
30      writer->start();
31
32      // prepare transformer
33      auto transformer = new Transformer();
34
35      // producer vector, init with four identical producers and
    start all of them
36      std::vector<Producer> pv(4, Producer(input_queue,
    worker_queue, transformer));
37      for (auto &p: pv) p.start(); // start all producers
38
39      // init and start consumer controller thread
40      auto ctr = new ConsumerController(
41          worker_queue, writer_queue, transformer,
42          cs_per, wk_qs * cs_h_th / 100, wk_qs * cs_l_th / 100);
43      ctr->start();
44
45      // join reader and writer threads
46      reader->join();
47      writer->join();
48
49      // delete all threads
50      delete reader;
51      delete writer;
52      delete ctr;
53      delete transformer;
54
55      // delete all queue
56      delete input_queue;
57      delete worker_queue;
58      delete writer_queue;
59  }
```

`one_experiment`

為了完成實驗的隔離性與紀錄功能, `one_experiment` 要完成以下三件事:

1. `fork` 出新的 process 以完全隔絕每次實驗的數據, 使他們不互相影響, 會 wait 至實驗結束。
2. 實驗前後會設置計時器, 紀錄實驗花費的時間
3. 如果有指定要寫入實驗數據的 `log` 檔檔名, 就會將計時的節果和 `ConsumerController` scaling 的結果寫入。

故實作可以為以下, 注意到為了精確的計時, 我使用 C++ `std::chrono` 的功能來完成。

```
/**
 * Conduct a single experiment with assigned parameters
 * @param r_qs     reader queue size
 * @param wk_qs    worker queue size
 * @param wt_qs    writer queue size
 * @param cs_h_th  consumer controller high threshold size
 * @param cs_l_th  consumer controller low threshold size
 * @param cs_per   check period of consumer controller
 * @param in       input file name
 * @param out      output file name
 * @param log      log file name (pointer, since this is optional)
 * @param lines    numbers of lines in "in" file
 * @param to_print whether to print the experiment information
 */
void one_experiment(
    int r_qs, int wk_qs, int wt_qs,
    int cs_h_th, int cs_l_th, int cs_per,
    std::string & in, std::string & out, std::string * log,
    int lines, bool to_print)
{
    int pid = fork();

    if (!pid) {
        // is child process
        // experiment timer start
        auto start = std::chrono::high_resolution_clock::now();
```

```
27
28          // start the experience
29          one_run(
30              r_qs, wk_qs, wt_qs,
31              cs_h_th, cs_l_th, cs_per,
32              in, out, lines);
33
34          // experiment timer end
35          auto end = std::chrono::high_resolution_clock::now();
36
37          // calculate time consumption
38          double result =
    std::chrono::duration_cast<std::chrono::nanoseconds>(end -
    start).count();
39          result *= 1e-9;
40
41          if (to_print) {
42              // print experiment message
43              std::cout << "\nQueue size:\n    (reader, worker,
    writer) = ("
44                  << r_qs << ", " << wk_qs << ", " << wt_qs << ")"
    << std::endl;
45              std::cout << "Consumer settings:\n    (high, low,
    period) = ("
46                  << cs_h_th << "%, " << cs_l_th << "%, ";
47              if (cs_per > 1000000)
48                  std::cout << (cs_per / 1000000.) << "s)" <<
    std::endl;
49              else
50                  std::cout << (cs_per / 1000.) << "ms)" <<
    std::endl;
51              // print time consumption
52              std::cout << "Total time usage: "
53                  << result << std::setprecision(6)
54                  << "s" << std::endl << std::endl;
55          }
56
57          // write experiment message to log file
58          if (log) {
```

```
            std::ofstream log_file(*log, std::ios::app);
            log_file << result << " / [";
            for (auto n: *rec_ptr)
                log_file << n << ", ";
            log_file << "]" << std::endl;
            log_file.close();
        }

        exit(0); // end of child process
    }
    // wait for child process to end
    wait(nullptr);
}
```

`main`

最後, `main` 函式負責根據執行時的參數反覆呼叫 `one_experiment`, 完成所要求的執行內容。

注意到我這樣的設計使我們不需用修改 macro 的數值, 而可以非常客製化的調整實驗的參數與環境。另外, 執行時參數的解析我使用 `unordered_set` 讓流程變得輕鬆寫意 :)

```
int main(int argc, char** argv) {
    // TODO: implements main function
    // parse the parameters
    std::unordered_set<std::string> args; // arguments
    for (int i = 0; i < argc; ++i)
        args.insert(argv[i]);

    // identify the assigned functions
    bool to_exp = args.find("expe") != args.end();
    bool to_debug = args.find("msg") != args.end();

    // check if all the arguments are valid
    bool all_args_valid = to_exp + to_debug + 4 == argc;

    // check legalness of arguments
```

```
    assert(all_args_valid);

    int n = atoi(argv[1]); // expected lines
    std::string input_file_name(argv[2]);
    std::string output_file_name(argv[3]);

    // rename macros for better experiment convenience
    int R_QS  = READER_QUEUE_SIZE, // reader queue size
        WK_QS = WORKER_QUEUE_SIZE, // worker queue size
        WT_QS = WRITER_QUEUE_SIZE,  // writer queue size
        CS_H_TH = CONSUMER_CONTROLLER_HIGH_THRESHOLD_PERCENTAGE,
// consumer controller high threshold percentage
        CS_L_TH = CONSUMER_CONTROLLER_LOW_THRESHOLD_PERCENTAGE,
// consumer controller low threshold percentage
        CS_PER  = CONSUMER_CONTROLLER_CHECK_PERIOD; // consumer
controller check period

    // basic run
    one_experiment(
        R_QS, WK_QS, WT_QS,
        CS_H_TH, CS_L_TH, CS_PER,
        input_file_name, output_file_name,
        nullptr, n, false);

    // conduct all experiments
    if (to_exp) {
        // variables for experience
        const int expe_times = 8;
        double usage;
        std::string out_file("./tmp/tmp.out"); // dami output
file

        // assign global variables for experiment
        rec_ptr = new std::vector<int>();
        print_scaling_msg = false;

        // experiences
        {
```

```
50              std::cout << "----------- [start of period test] ----
    ------" << std::endl;
51              std::string log_name("./report/log/period.log");
52              std::ofstream log_file(log_name);
53              log_file << "Period / Time Usage / Consumer Size
    Change List" << std::endl;
54              log_file.close();
55              for (long long i = 1 << 10; i <= 1 << 24; i <<= 2) {
56                  for (int j = 0; j < expe_times; ++j) {
57                      log_file.open(log_name, std::ios::app);
58                      log_file << i << " / ";
59                      log_file.close();
60                      one_experiment(
61                          R_QS, WK_QS, WT_QS,
62                          CS_H_TH, CS_L_TH, i,
63                          input_file_name, out_file,
64                          &log_name, n, to_debug);
65                  }
66              }
67              std::cout << "------------ [end of period test] -----
    ------" << std::endl << std::endl;
68          }
69
70          {
71              std::cout << "-------  [start of low threshold test]
    ------" << std::endl;
72              std::string
    log_name("./report/log/low_threshold.log");
73              std::ofstream log_file(log_name);
74              log_file << "Low Threshold / Time Usage / Consumer
    Size Change List" << std::endl;
75              log_file.close();
76              for (int i = 0; i < CS_H_TH; i += 5) {
77                  for (int j = 0; j < expe_times; ++j) {
78                      log_file.open(log_name, std::ios::app);
79                      log_file << i << " / ";
80                      log_file.close();
81                      one_experiment(
82                          R_QS, WK_QS, WT_QS,
```

```
                        CS_H_TH, i, CS_PER,
                        input_file_name, out_file,
                        &log_name, n, to_debug);
                }
            }
            std::cout << "--------- [end of low threshold test] ------" << std::endl << std::endl;
        }

        {
            std::cout << "------  [start of high threshold test] ------" << std::endl;
            std::string log_name("./report/log/high_threshold.log");
            std::ofstream log_file(log_name);
            log_file << "High Threshold / Time Usage / Consumer Size Change List" << std::endl;
            log_file.close();
            for (int i = CS_L_TH + 5; i <= 100; i += 5) {
                for (int j = 0; j < expe_times; ++j) {
                    log_file.open(log_name, std::ios::app);
                    log_file << i << " / ";
                    log_file.close();
                    one_experiment(
                        R_QS, WK_QS, WT_QS,
                        i, CS_L_TH, CS_PER,
                        input_file_name, out_file,
                        &log_name, n, to_debug);
                }
            }
            std::cout << "-------- [end of high threshold test] ------" << std::endl << std::endl;
        }

        {
            std::cout << "-------- [start of worker queue test] ------" << std::endl;
            std::string log_name("./report/log/work_size.log");
            std::ofstream log_file(log_name);
```

```
116             log_file << "Worker Queue Size / Time Usage /
    Consumer Size Change List" << std::endl;
117             log_file.close();
118             for (int i = 20; i <= 400; i += 20) {
119                 for (int j = 0; j < expe_times; ++j) {
120                     log_file.open(log_name, std::ios::app);
121                     log_file << i << " / ";
122                     log_file.close();
123                     one_experiment(
124                         R_QS, i, WT_QS,
125                         CS_H_TH, CS_L_TH, CS_PER,
126                         input_file_name, out_file,
127                         &log_name, n, to_debug);
128                 }
129             }
130             std::cout << "--------- [end of worker queue test] --
    ------" << std::endl << std::endl;
131         }
132 
133         {
134             std::cout << "-------- [start of writer queue test] -
    ------" << std::endl;
135             std::string log_name("./report/log/write_size.log");
136             std::ofstream log_file(log_name);
137             log_file << "Writer Queue Size / Time Usage /
    Consumer Size Change List" << std::endl;
138             log_file.close();
139             for (int i = 250; i <= 7500; i += 250) {
140                 for (int j = 0; j < expe_times; ++j) {
141                     log_file.open(log_name, std::ios::app);
142                     log_file << i << " / ";
143                     log_file.close();
144                     one_experiment(
145                         R_QS, WK_QS, i,
146                         CS_H_TH, CS_L_TH, CS_PER,
147                         input_file_name, out_file,
148                         &log_name, n, to_debug);
149                 }
150             }
```

```
151             std::cout << "--------- [end of writer queue test] --
    ------" << std::endl << std::endl;
152         }
153 
154         {
155             std::cout << "-------- [start of reader queue test] -
    ------" << std::endl;
156             std::string log_name("./report/log/read_size.log");
157             std::ofstream log_file(log_name);
158             log_file << "Reader Queue Size / Time Usage /
    Consumer Size Change List" << std::endl;
159             log_file.close();
160             for (int i = 5; i <= 400; i += 5) {
161                 for (int j = 0; j < expe_times; ++j) {
162                     log_file.open(log_name, std::ios::app);
163                     log_file << i << " / ";
164                     log_file.close();
165                     one_experiment(
166                         i, WK_QS, WT_QS,
167                         CS_H_TH, CS_L_TH, CS_PER,
168                         input_file_name, out_file,
169                         &log_name, n, to_debug);
170                 }
171             }
172             std::cout << "--------- [end of reader queue test] --
    ------" << std::endl << std::endl;
173         }
174 
175         delete rec_ptr;
176     }
177 
178     return 0;
179 }
```

如此一來,所有實作都完成了,接著來討論實驗的結果。

Experiment

實驗部分, 每一個 part 我們只會改變一個變數, 藉此來觀察該變數對於 Time Usage 與 Consumer Size Change List 的影響, 每次實驗我們都做 8 次, 最後將值取平均, 另外我們發現 Consumer Size Change List 的長度會不規則抖動, 推測和 sever 有關, 對此我們只會採 8 次中長度相同占比最多的數據

Different values of CONSUMER_CONTROLLER_CHECK_PERIOD

▶ CONSUMER_CONTROLLER_CHECK_PERIOD 由小到大產生的 data

```
['Period', 'Time Usage', 'Consumer Size Change List']
[[1024.0 52.815733333333334
  array([0.        , 1.        , 2.        , ..., 3.        ,
2.66666667,
         3.        ])
       ]
 [4096.0 52.8669 array([0., 1., 2., ..., 3., 2., 3.])]
 [16384.0 52.5369 array([0., 1., 2., ..., 5., 4., 3.])]
 [65536.0 51.1949
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
         13., 14., 15., 14., 13., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,
 6.,  5.,
          4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
13., 14.,
         15., 14., 13., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,
 4.,  3.,
          4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 13., 14.,
13., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  4.,  5.,
 6.,  7.,
          8.,  9., 10., 11., 12., 13., 14., 15., 14., 13., 12.,
11., 10.,
          9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
 6.,  7.,
          8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
 5.,  4.,
```

```
          3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
          4.,  3.,  2.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,
 3.,  2.,
          3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,
 2.,  3.,
          4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  2.,  3.,  4.,
 3.,  2.,
          3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
 4.,  3.,
          2.,  3.,  4.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  2.,  3.,  2.,
 3.,  4.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,
 2.,  3.,
          2.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,
 3.,  4.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  3.,
          2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,
 3.,  2.,
          3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
          4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,
 3.,  4.,
          3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  7.,
 6.,  7.,
          8.,  9., 10., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  7.,  8.,
 9., 10.,
         11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  7.,  8.,  9.,
10., 11.,
         12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  5.,  6.,
 7.,  8.,
          9., 10., 11., 12., 13., 14., 13., 12., 11., 10.,  9.,
 8.,  7.,
          6.,  5.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
13., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
10., 11.,
```

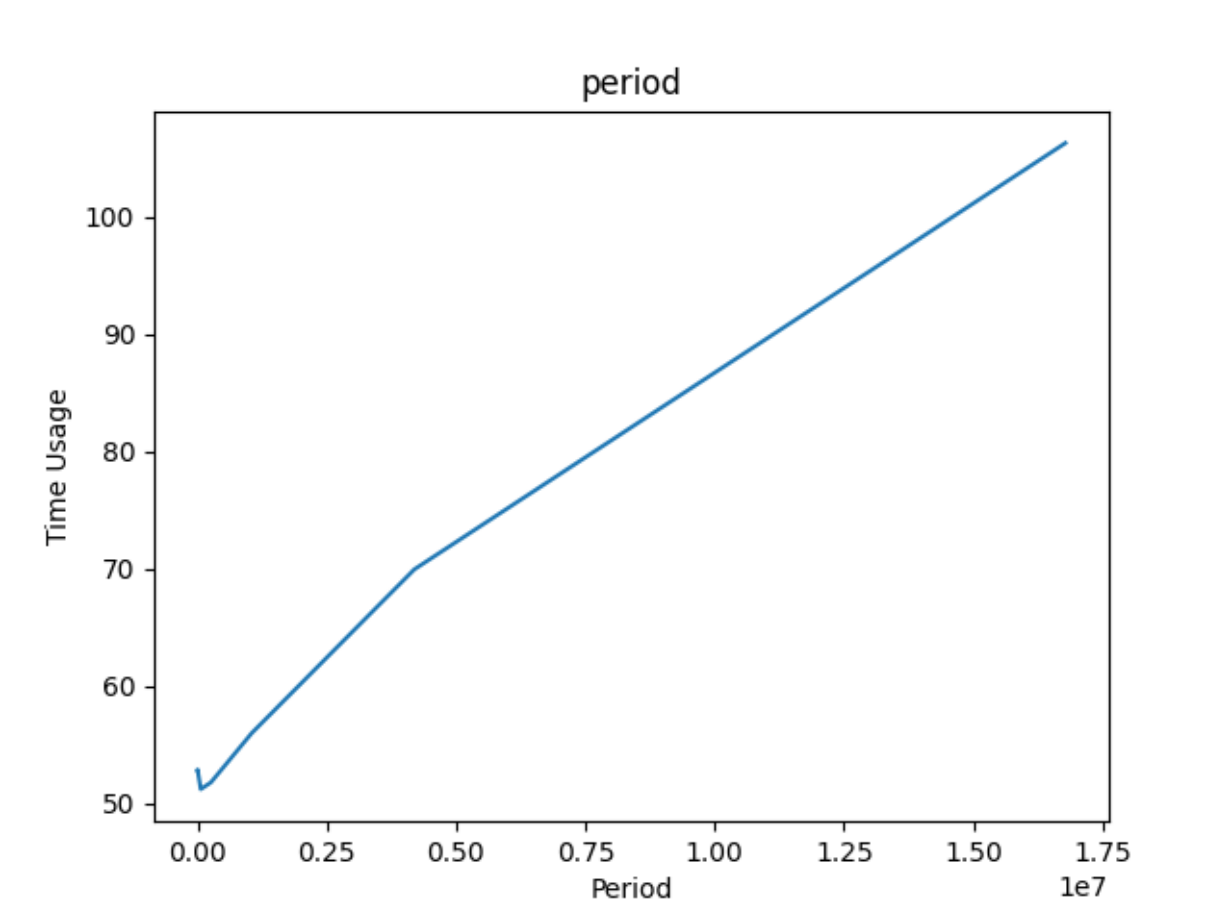
```
        12., 13., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  5.,  6.,
         7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 13., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,
         6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,
         3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,
         2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,
         3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,
         4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,
         2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,
         3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,
         2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,
         3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,
         2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,
         3.,  4.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  5.,  4.,  3.,
         4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 13., 14., 13., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11., 12., 13., 14., 13., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
```

```
          5.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 13.,
   12., 11.,
         10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 10.,
    9.,  8.,
          7.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,
    8.,  7.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
    7.,  6.,
          5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,
    8.,  7.,
          6.,  5.,  4.,  3.])
       ]
[262144.0 51.7688
 array([ 0.        ,  1.        ,  2.        ,  3.        ,  4.
       ,
         5.        ,  6.        ,  7.        ,  8.        ,  9.
       ,
        10.        , 11.        , 12.        , 13.        , 14.
       ,
        15.        , 16.        , 17.        , 16.        , 15.
       ,
        14.        , 13.        , 12.        , 11.        , 10.
       ,
         9.        ,  8.        ,  7.        ,  6.        ,  5.
       ,
         4.        ,  3.        ,  2.        ,  3.        ,  4.
       ,
         3.        ,  2.        ,  3.        ,  4.        ,  3.
       ,
         2.        ,  3.        ,  4.        ,  3.        ,  2.
       ,
         3.        ,  4.        ,  3.        ,  2.        ,  3.
       ,
         4.        ,  3.        ,  2.        ,  3.        ,  4.
       ,
         3.        ,  2.        ,  3.        ,  2.        ,  3.
       ,
         4.        ,  3.        ,  2.        ,  3.        ,  4.
       ,
```

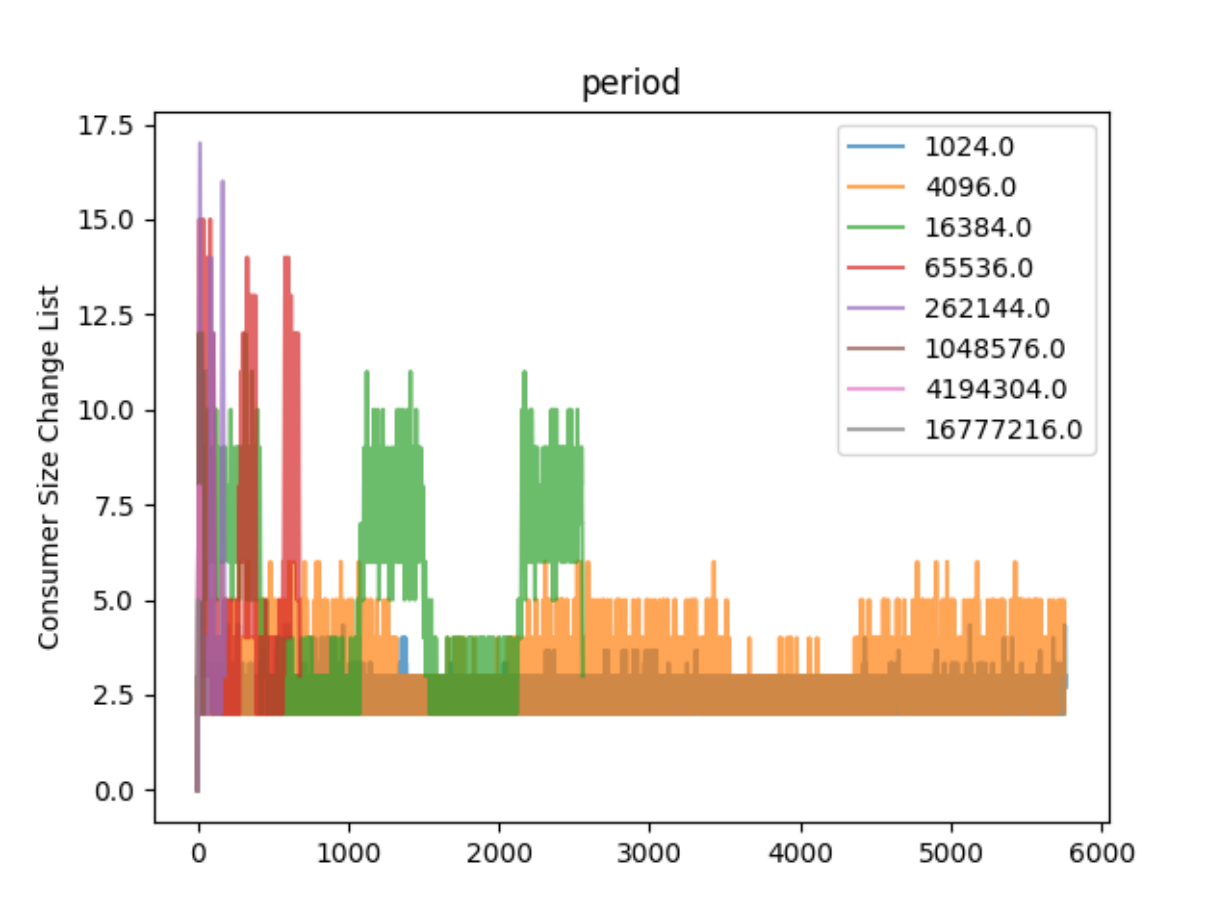
```
75          3.        ,  2.        ,  3.        ,  4.        ,  3.
          ,
76          2.        ,  3.        ,  4.        ,  3.        ,  2.
          ,
77          3.        ,  4.        ,  3.        ,  4.        ,  5.
          ,
78          6.        ,  7.        ,  8.        ,  9.        , 10.
          ,
79         11.        , 12.        , 13.        , 14.        , 13.
          ,
80         12.        , 11.        , 10.        ,  9.        ,  8.
          ,
81          7.        ,  6.        ,  5.        ,  4.        ,  5.
          ,
82          6.        ,  7.        ,  8.        ,  9.        , 10.
          ,
83         11.        , 12.        , 11.        , 10.        ,  9.
          ,
84          8.        ,  7.        ,  6.        ,  5.        ,  4.
          ,
85          3.        ,  2.        ,  3.        ,  4.        ,  3.
          ,
86          2.        ,  3.        ,  4.        ,  3.        ,  2.
          ,
87          3.        ,  2.        ,  3.        ,  4.        ,  3.
          ,
88          2.        ,  3.        ,  4.        ,  3.        ,  2.
          ,
89          3.        ,  4.        ,  3.        ,  2.        ,  3.
          ,
90          4.        ,  3.        ,  2.        ,  3.        ,  4.
          ,
91          3.        ,  2.        ,  3.        ,  3.33333333,  3.
          ,
92          2.66666667,  3.        ,  4.        ,  3.        ,  2.
          ,
93          3.        ,  4.        ,  5.        ,  6.        ,  7.
          ,
```

```
           8.        ,  9.        , 10.        , 11.        , 12.
         ,
           13.       , 14.        , 15.        , 16.        , 15.
         ,
           14.       , 13.        , 12.        , 11.        , 10.
         ,
           9.        ,  8.        ,  7.        ,  6.        ,  5.
         ,
           4.        ,  5.        ,  4.        ,  3.        ])
         ]
 [1048576.0 55.9612
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
10., 11.])]
 [4194304.0 69.938125
  array([0., 1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 6., 5., 6., 7., 8., 7.,
6., 5., 6.])]
 [16777216.0 106.28974999999998 array([0., 1., 2., 3., 4., 5.,
4.])]]
```

1. 圖像化 PERIOD 對 Time Usage 的影響:



2. 圖像化 PERIOD 對 CONSUMER SIZE CHANGE LIST 的影響:



3. 討論:

a. 從上圖可以明顯發現 Time Usage 和 period 大致呈正相關, period 越大, Time Usage 就越久
b. 另外可以發現, 當 period 越小, CONSUMER SIZE　CHANGE 的次數就越多, 但幅度較小, 反觀是 period 小的時候, 改變幅度大, 有明顯高峰與低谷, 且改變次數大幅減少

Different values of CONSUMER_CONTROLLER_HIGH/LOW_THRESHOLD_PERCENTAGE

▶ CONSUMER_CONTROLLER_LOW_THRESHOLD_PERCENTAGE 由小到大產生的 data

```
['Low Threshold', 'Time Usage', 'Consumer Size Change List']
[[0.0 55.35764285714286
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  4.,  3.,  4.,  3.,
          4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
          7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  4.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
          8.,  9., 10., 11.])
       ]
 [5.0 55.35515000000001
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,
          4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
          7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
          8.,  9., 10., 11.])
       ]
 [10.0 55.358062499999996
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
```

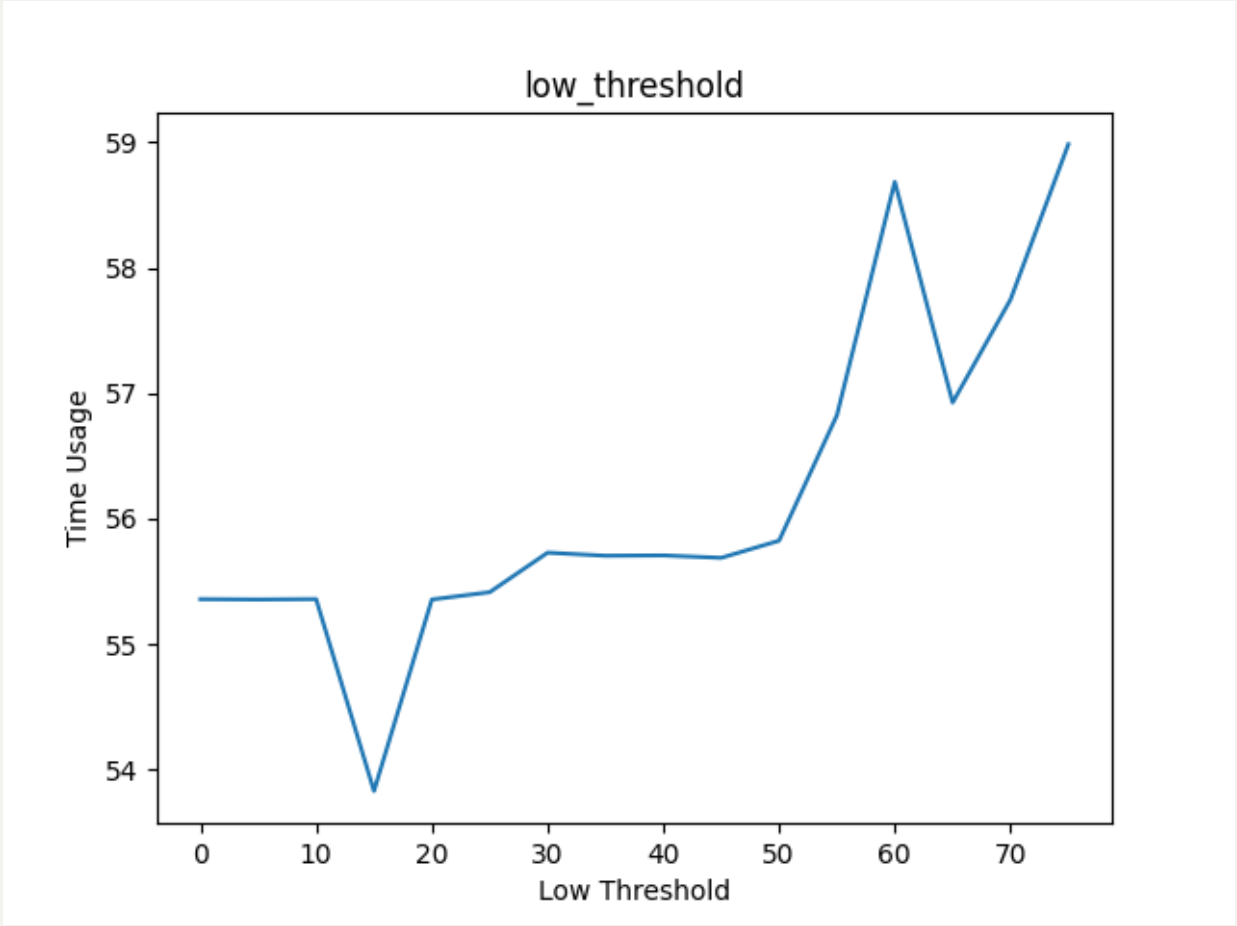
```
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,
         4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
         7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
         8.,  9., 10., 11.])
      ]
[15.0 53.828525000000006
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11.])]
[20.0 55.354971428571424
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
[25.0 55.413512499999996
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
```

```
 [30.0 55.7284
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11.])]
 [35.0 55.7040875
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11.])]
 [40.0 55.706537499999996
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11.])]
 [45.0 55.68725
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 10.,
          9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
          8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,
          3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11.])
      ]
 [50.0 55.82374999999999
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 10.,
```

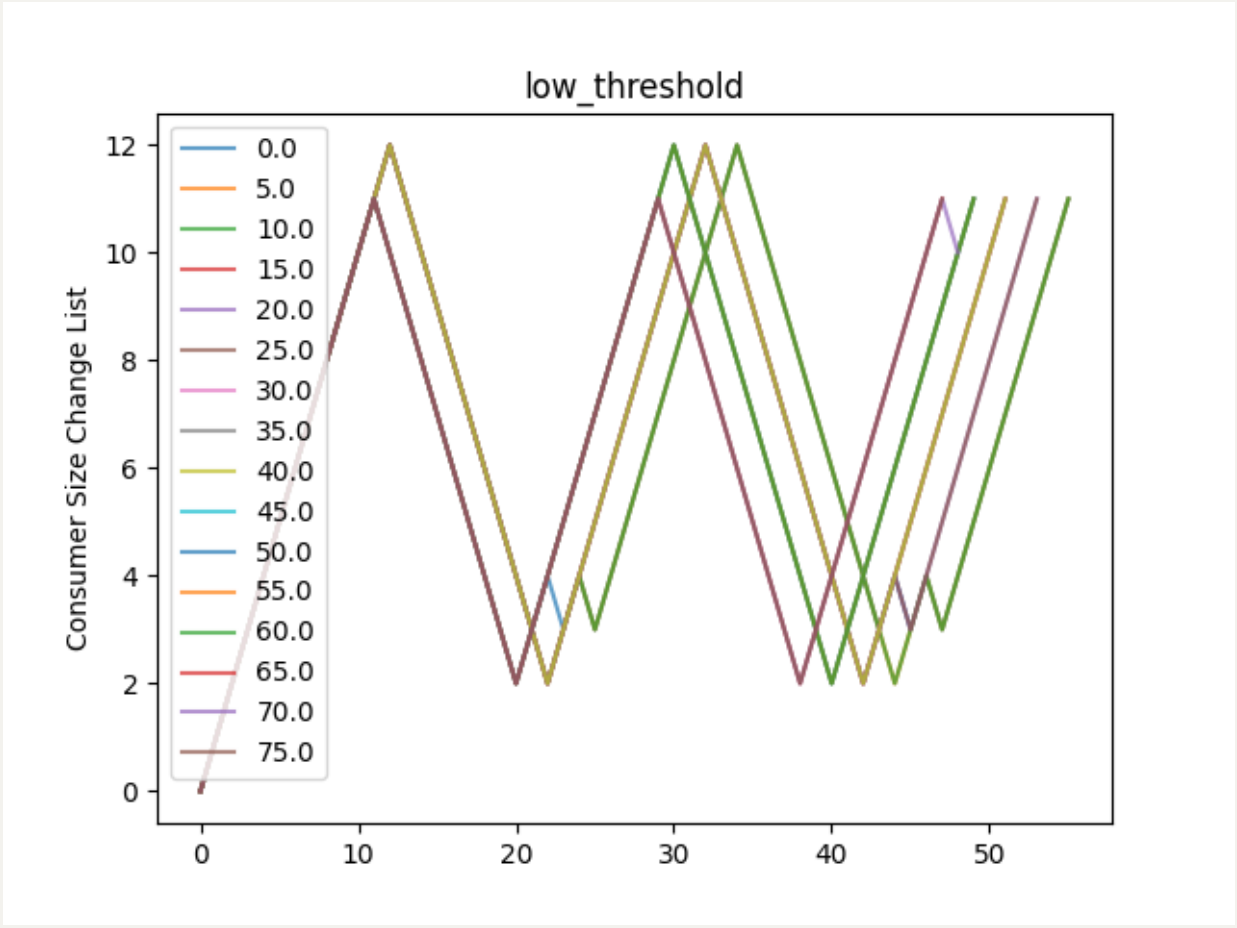
```
          9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
    6.,  7.,
          8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
    5.,  4.,
          3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11.])
       ]
 [55.0 56.8237
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
   11., 10.,
          9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
    6.,  7.,
          8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
    5.,  4.,
          3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11.])
       ]
 [60.0 58.68450000000001
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
   11., 10.,
          9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
    6.,  7.,
          8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
    5.,  4.,
          3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11.])
       ]
 [65.0 56.92485714285714
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
   11., 10.,
          9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
    6.,  7.,
          8.,  9., 10., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,
    3.,  2.,
          3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11.])
       ]
 [70.0 57.746175
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
   11., 10.,
          9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
    6.,  7.,
```

```
80            8.,  9., 10., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,
    3.,  2.,
81            3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 10.])
          ]
82   [75.0 58.984275000000004
83    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
   11., 10.,
84            9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
    6.,  7.,
85            8.,  9., 10., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,
    3.,  2.,
86            3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11.])
         ]]
```

1. 圖像化 LOW_THRESHOLD 對 Time Usage 的影響:



2. 圖像化 LOW_THRESHOLD 對 CONSUMER SIZE CHANGE LIST 的影響:



▶ CONSUMER_CONTROLLER_HIGH_THRESHOLD_PERCENTAGE 由小到大產生的 data

```
['High Threshold', 'Time Usage', 'Consumer Size Change List']
[[25.0 55.3564125
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
         10., 11.])
       ]
 [30.0 55.35501999999999
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
```

```
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
 8.,  9.,
         10., 11.])
       ]
 [35.0 55.3563875
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
 8.,  9.,
         10., 11.])
       ]
 [40.0 55.35765000000001
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
 8.,  9.,
         10., 11.])
       ]
 [45.0 55.3583625
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
 8.,  9.,
         10., 11.])
       ]
```

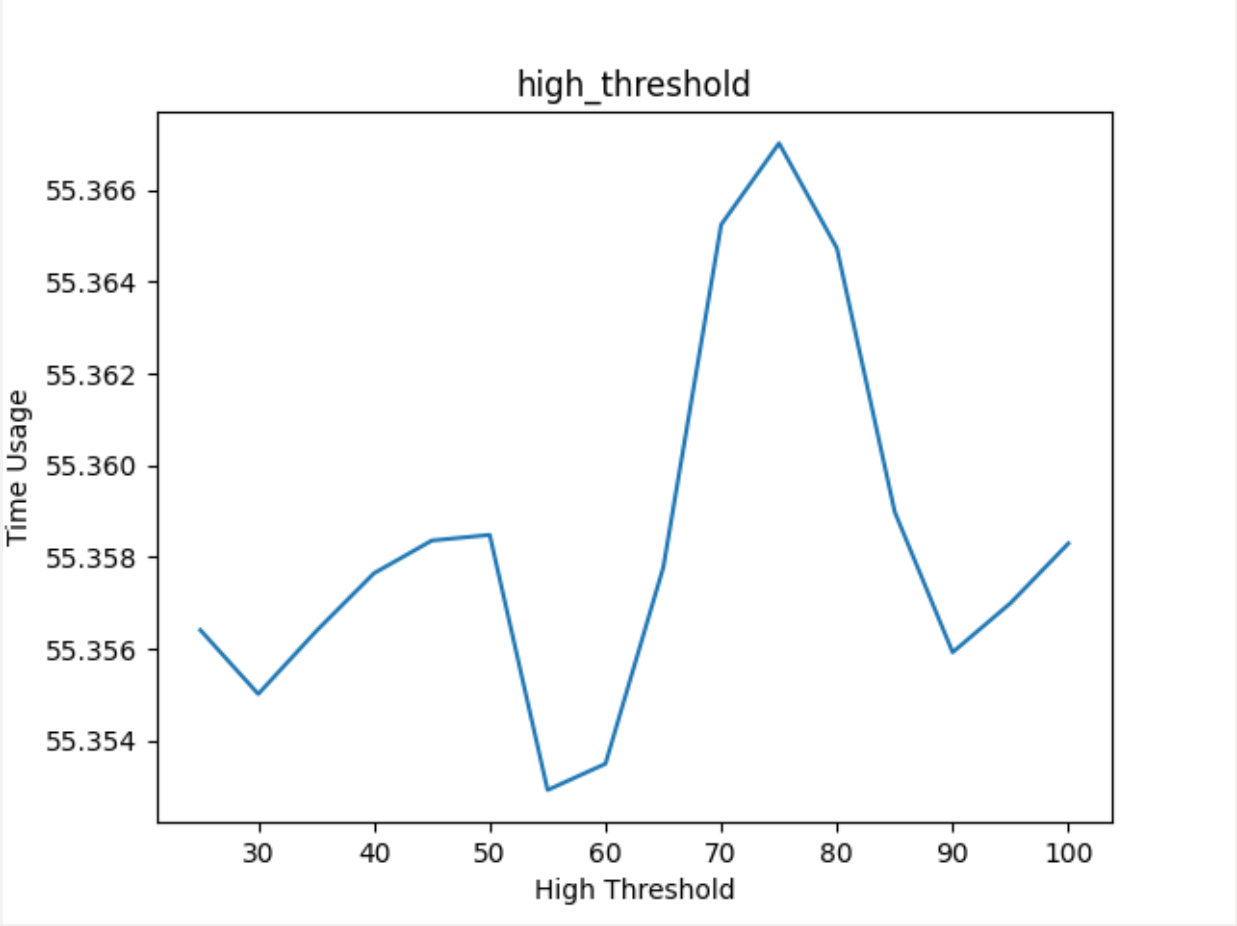
```
 [50.0 55.35848571428572
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
         10., 11.])
       ]
 [55.0 55.35292857142856
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
         10., 11.])
       ]
 [60.0 55.353500000000004
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
         10., 11.])
       ]
 [65.0 55.357780000000005
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
```

```
53           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
54           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
55          10., 11.])
          ]
56   [70.0 55.36524285714285
57    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
58           11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
59           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
60           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
61          10., 11.])
          ]
62   [75.0 55.36701666666667
63    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
64           11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
65           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
66           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
67          10., 11.])
          ]
68   [80.0 55.36472857142858
69    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
70           11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
71           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
72           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
73          10., 11.])
          ]
```

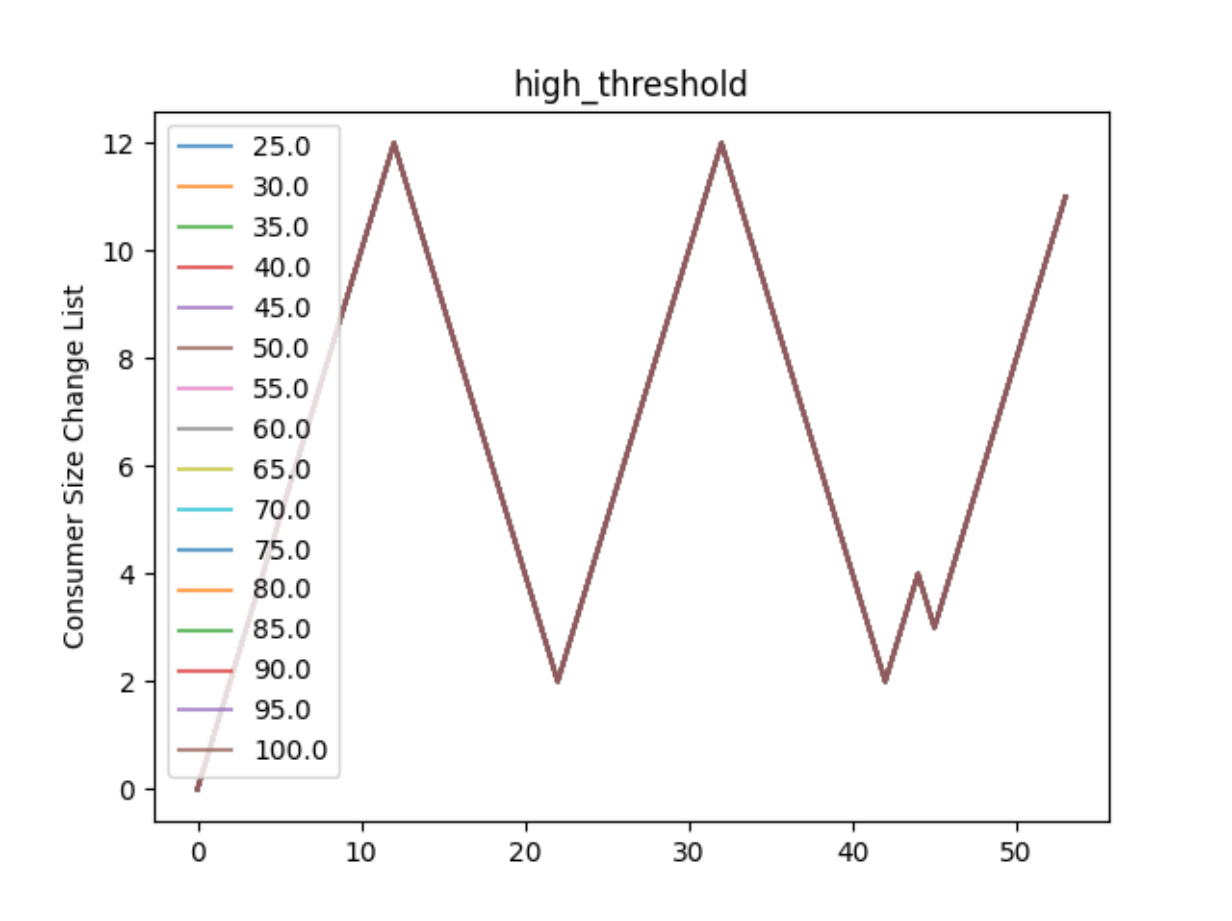
```
 [85.0 55.35898333333333
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
         10., 11.])
       ]
 [90.0 55.35592857142858
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
         10., 11.])
       ]
 [95.0 55.357
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
         10., 11.])
       ]
 [100.0 55.35830000000001
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
```

```
95            6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
    7.,  6.,
96            5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
    8.,  9.,
97           10., 11.])
          ]]
```

1. 圖像化 HIGH_THRESHOLD 對 Time Usage 的影響



2. 圖像化 HIGH_THRESHOLD 對 CONSUMER SIZE CHANGE LIST 的影響:



3. 討論
    a. 觀看兩者變因的圖, 我們可以發現 Time Usage 在 LOW THRESHOLD 有最低值, 約在 Threshold = 15 時. 也可以大致觀察出, 在 low thresdhold Time Usage 較小, 但反觀 HIGH_THRESHOLD　的圖，似乎 HIGH THREASHOLD 值的改變對 Time Usage 影響不大
    b. HIGH THRESHOLD 的變化對 CONSUMER SIZE CHANGE 沒有影響, 所有線是疊在一起的, 呈現波谷波峰波谷波峰, 而 LOW THRESHOLD 的圖則可以看出 LOW THRESHOLD 低的, 可以達到最高峰 (震幅較大), 改變次數也減少(可以對應到上一點, LOW THRESHOLD Time Usage 較小),總體波形成現谷峰谷峰谷峰 (看圖可能因為重疊而難以分辨, 可以 txt 文字 data 輔助)

Different values of WORKER_QUEUE_SIZE

▶ WORKER_QUEUE_SIZE 由小到大所產生的 data

```
['Worker Queue Size', 'Time Usage', 'Consumer Size Change List']
[[20.0 59.941537499999995
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
 9.,  8.,
```

```
          7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  3.,
          2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,
 2.,  3.,
          4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,  9.])
       ]
 [40.0 57.49584999999999
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 10.,
          9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,
 2.,  3.,
          4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,
 4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11.])
       ]
 [60.0 57.33358749999999
  array([ 0.  ,  1.  ,  2.  ,  3.  ,  4.  ,  5.  ,  6.  ,  7.  ,
 8.  ,
          9.  , 10.  , 11.  , 10.  ,  9.  ,  8.  ,  7.  ,  6.  ,
 5.  ,
          4.  ,  3.  ,  2.  ,  3.  ,  4.  ,  3.  ,  2.  ,  3.  ,
 4.  ,
          5.  ,  6.  ,  7.  ,  8.  ,  9.  , 10.  , 11.  , 10.25,
 9.25,
          8.25,  7.25,  6.25,  5.25,  4.25,  3.25,  2.25,  3.  ,
 3.75,
          3.  ,  2.25,  3.  ,  3.75,  3.  ,  4.  ,  5.  ,  6.  ,
 7.  ,
          8.  ,  9.  , 10.  , 11.  ])
     ]
 [80.0 59.27218750000001
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  3.,
```

```
          2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,
          9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,
          4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11.])
       ]
 [100.0 59.217512500000005
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,
          2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,
          9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,
          4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11.])
       ]
 [120.0 59.2023
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,
          2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,
          9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  2.,  3.,
          4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11.])
       ]
 [140.0 54.84546
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,
          4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
          7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
         10., 11.])
       ]
```

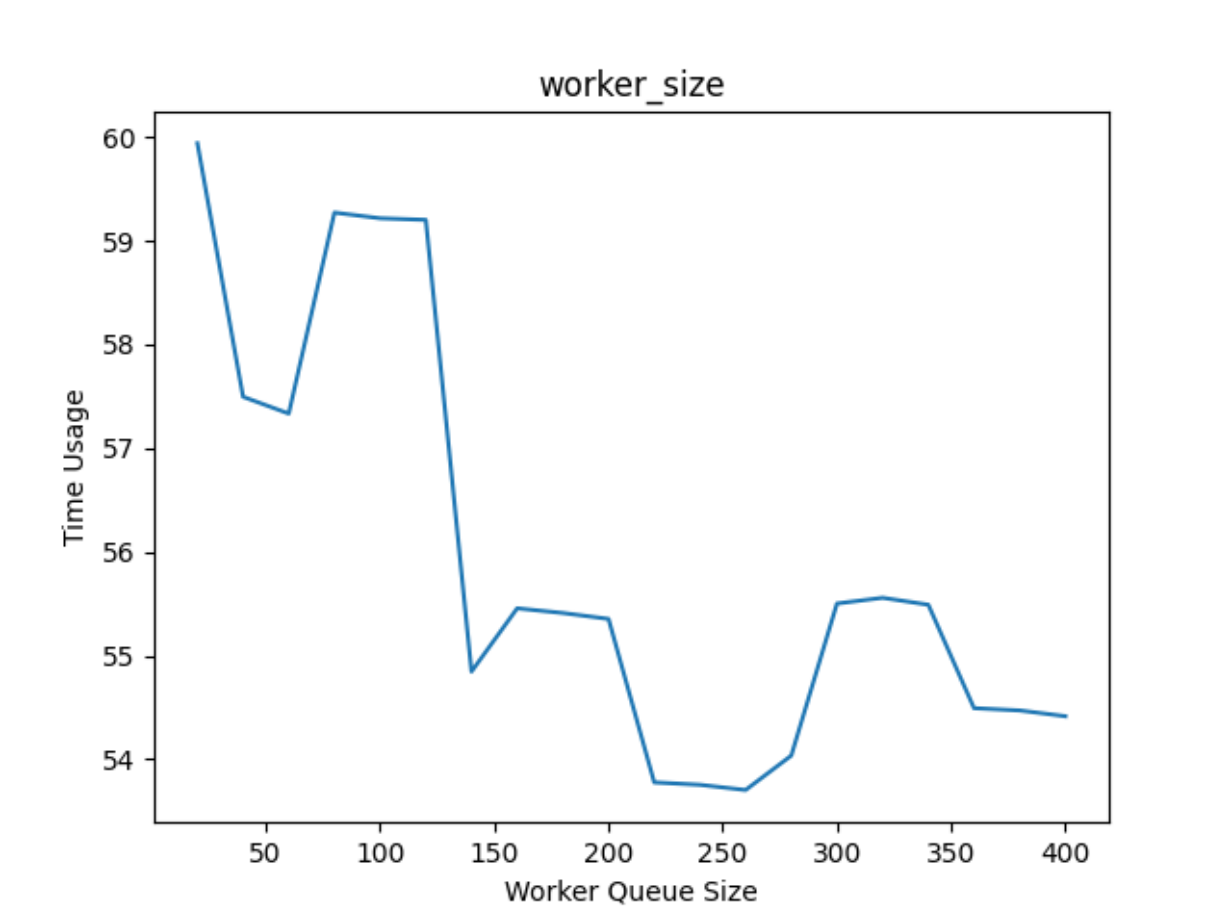
```
[160.0 55.45547142857142
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
       ]
[180.0 55.410475
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
       ]
[200.0 55.35336666666666
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
       ]
[220.0 53.776812500000005
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
```

```
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
10., 11.])]
 [240.0 53.753575
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
10., 11.])]
 [260.0 53.7031875
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
10., 11.])]
 [280.0 54.0351875
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
10., 11.])]
 [300.0 55.501787500000006
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
```

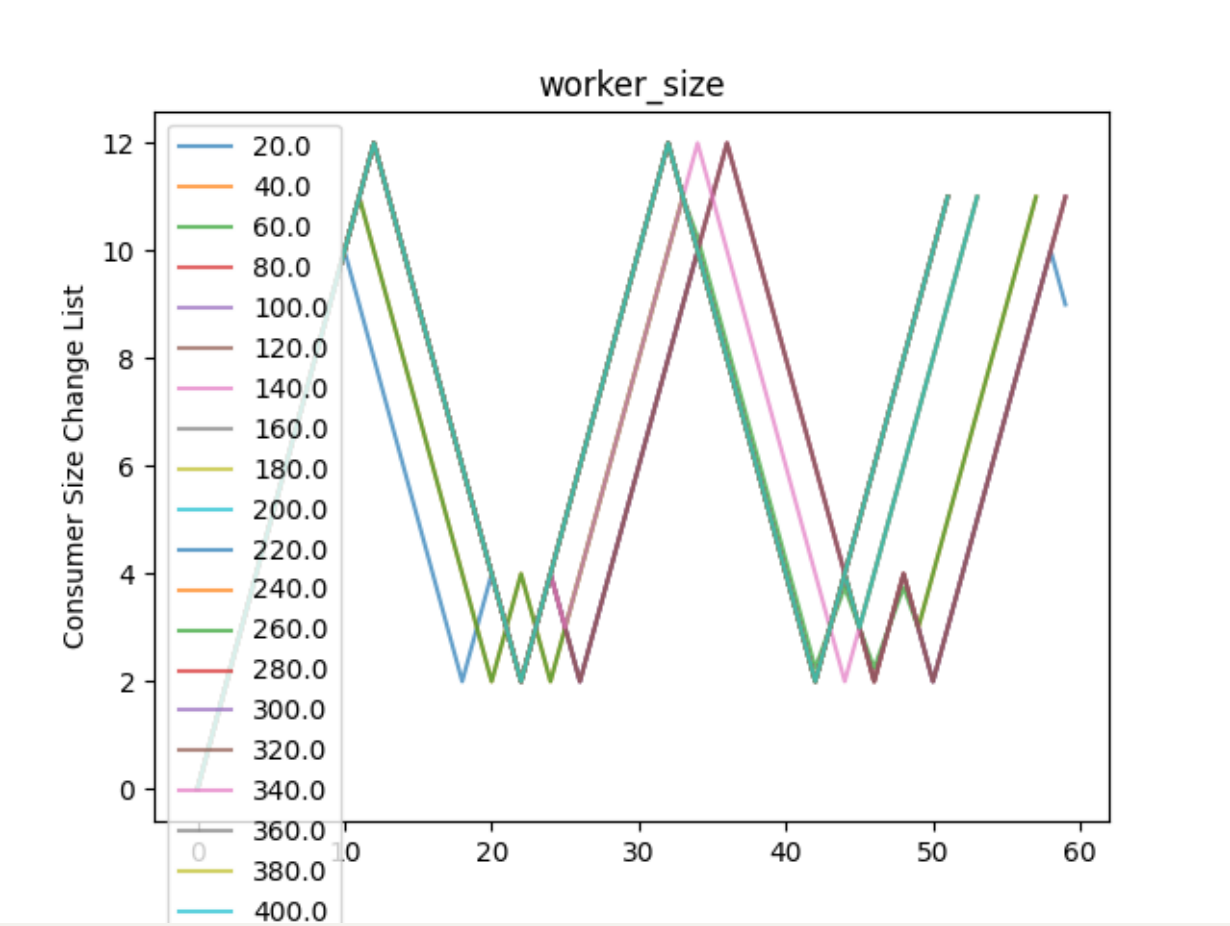
```
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
10., 11.])]
 [320.0 55.556962500000004
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
10., 11.])]
 [340.0 55.4902
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
10., 11.])]
 [360.0 54.492525
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
10., 11.])]
 [380.0 54.4706125
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
10., 11.])]
 [400.0 54.41483749999999
```

```
110    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
111           11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
112            6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
113            5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
    10., 11.])]]
```

1. 圖像化 WORKER_QUEUE_SIZE 對 Time Usage 的影響:



2. 圖像化 WRITER_QUEUE_SIZE 對 CONSUMER SIZE CHANGE LIST 的影響:



3. 討論:
    a. 可以發現 WORKER_QUEUE_SIZE 和 Time Usage 有點呈現階梯狀下降, WORKER_QUEUE_SIZE 越大, Time Usage 越小
    b. WORKER_QUEUE_SIZE 越大可以達到 COMSUMER SIZE 的峰值 12, 較小的還未達到 12 即下降 (震幅較小), 總體波形呈現谷峰谷峰谷峰

What happens if WRITER_QUEUE_SIZE is very small?

▶ WRITER_QUEUE_SIZE 由小到大所產生的 data:

```
['Writer Queue Size', 'Time Usage', 'Consumer Size Change List']
[[250.0 55.3548375
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
 8.,  9.,
```

```
        10., 11.])
      ]
 [500.0 55.3569
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [750.0 55.3546875
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [1000.0 55.353199999999994
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [1250.0 55.354949999999995
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
```

```
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
[1500.0 55.35694999999999
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
[1750.0 55.35794999999999
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
[2000.0 55.356775
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
```

```
        10., 11.])
      ]
 [2250.0 55.356
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [2500.0 55.356280000000005
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [2750.0 55.35272
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [3000.0 55.355533333333334
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
```

```
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
[3250.0 55.35745000000001
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
[3500.0 55.35671428571429
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
[3750.0 55.3678125
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
```

```
        10., 11.])
      ]
 [4000.0 55.358075
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [4250.0 55.3819125
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [4500.0 55.359871428571424
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [4750.0 55.35838333333333
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
```

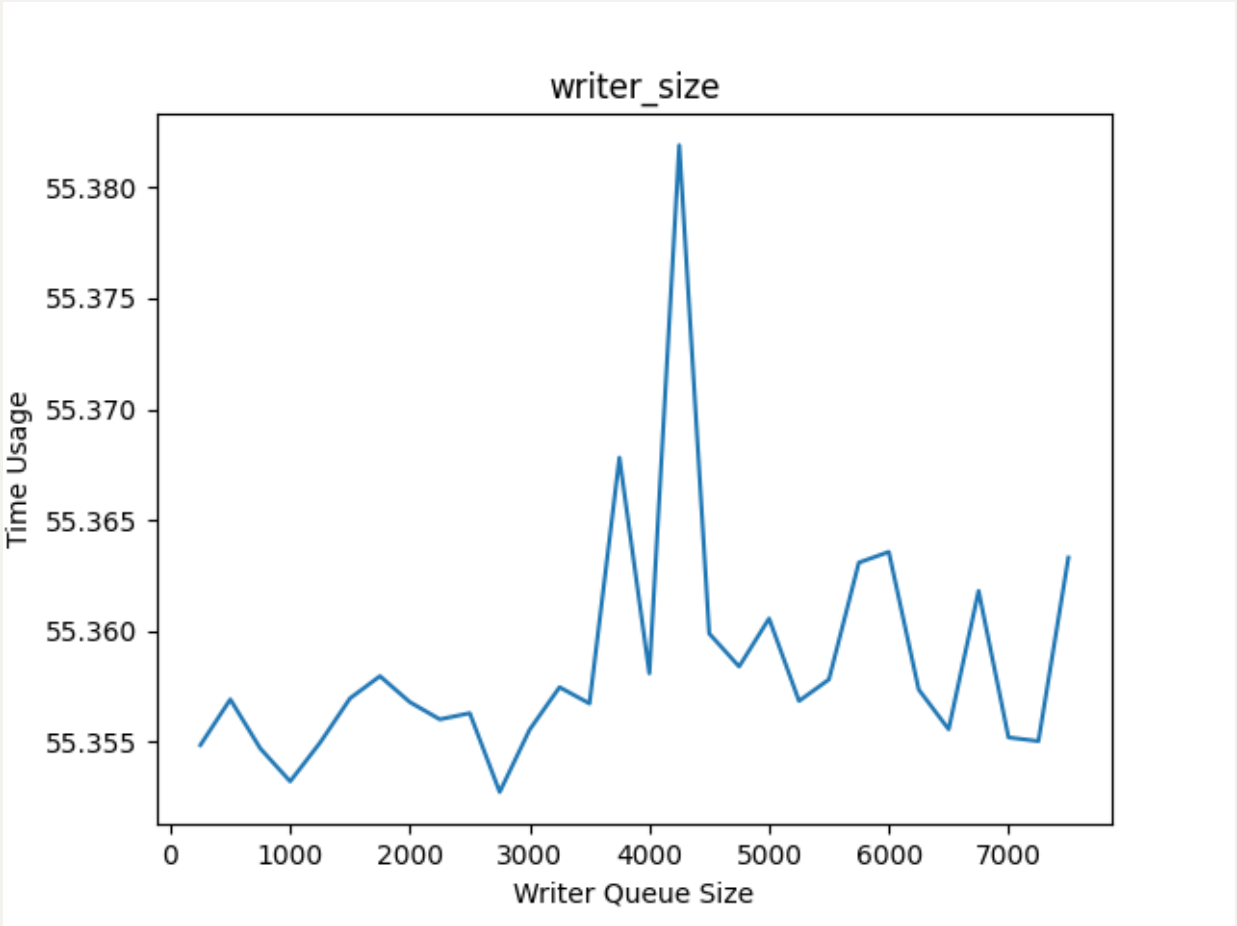
```
112          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
113           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
114           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
115          10., 11.])
          ]
116   [5000.0 55.360549999999996
117    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
118          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
119           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
120           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
121          10., 11.])
          ]
122   [5250.0 55.35682857142858
123    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
124          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
125           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
126           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
127          10., 11.])
          ]
128   [5500.0 55.3578
129    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
130          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
131           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
132           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
```

```
133          10., 11.])
           ]
134   [5750.0 55.363075
135    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
136          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
137           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
138           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
139          10., 11.])
           ]
140   [6000.0 55.36355714285715
141    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
142          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
143           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
144           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
145          10., 11.])
           ]
146   [6250.0 55.357342857142854
147    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
148          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
149           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
150           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
151          10., 11.])
           ]
152   [6500.0 55.35555
153    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
```

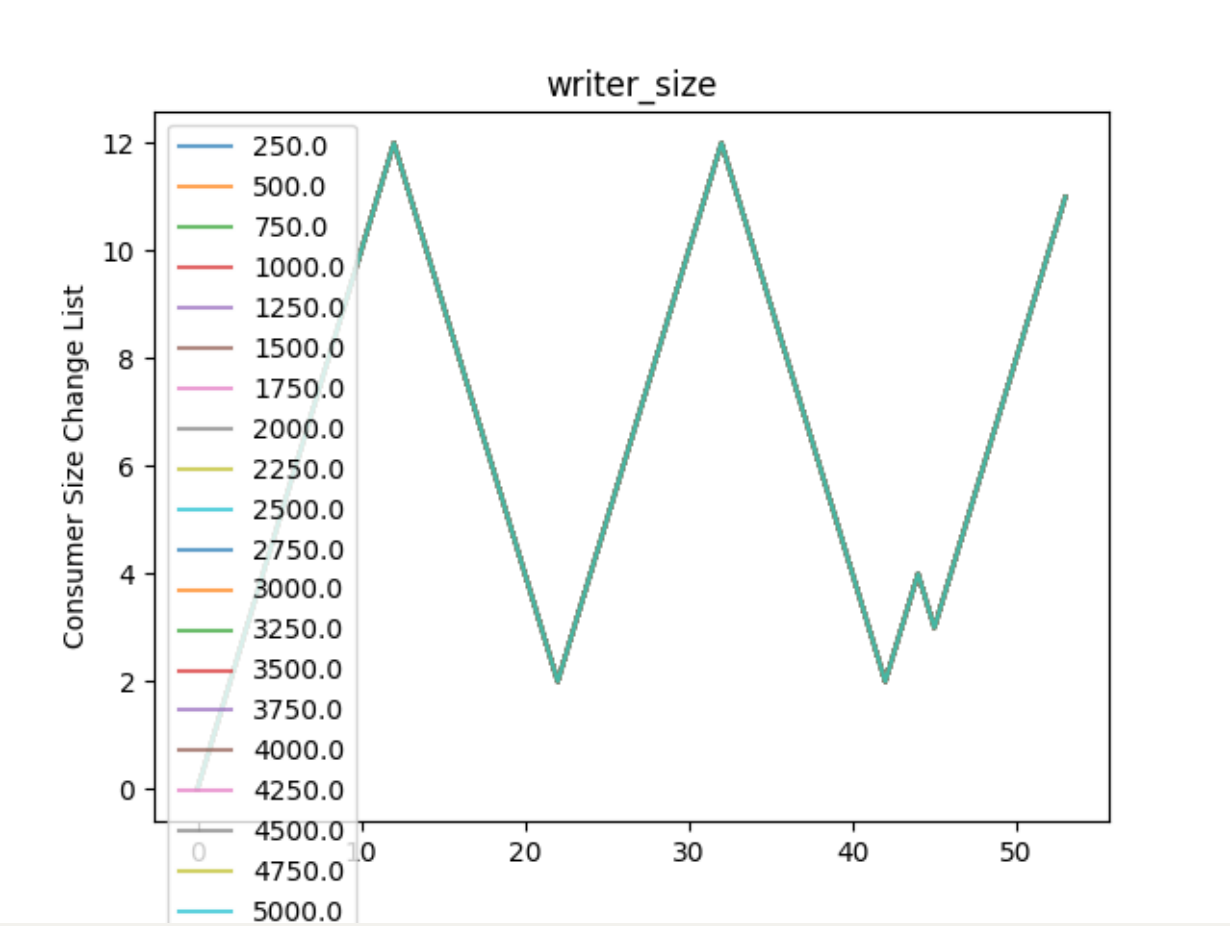
```
154          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
155           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
156           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
157          10., 11.])
          ]
158  [6750.0 55.3618
159   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
160          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
161           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
162           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
163          10., 11.])
          ]
164  [7000.0 55.35518333333334
165   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
166          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
167           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
168           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
169          10., 11.])
          ]
170  [7250.0 55.355016666666664
171   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
172          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
173           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
174           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
```

```
175           10., 11.])
             ]
176    [7500.0 55.3633
177     array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
      11., 12.,
178           11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
       4.,  5.,
179            6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
       7.,  6.,
180            5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
       8.,  9.,
181           10., 11.])
             ]]
```

1. 圖像化 WRITER_QUEUE_SIZE 對 Time Usage 的影響:



2. 圖像化 WRITER_QUEUE_SIZE 對 CONSUMER SIZE CHANGE LIST 的影響:



3. 討論:
    a. WRITE _ QUEUE_SIZE 和 Time Usage 的關係呈現中間有一高峰的情況, 但雖然圖上有一高峰, 但實際值並沒有差到太多 (約 0.03), 所以我認為 WRITER_QUEUE_SIZE 的大小對 Time Usage 影響不大
    b. 從圖可以發現 WRITER_QUEUE_SIZE 對 CONSUMER SIZE CHANGE 並沒有影響, 所有的線重疊在一起, 總體波形呈現谷峰谷峰谷峰
    c. What happens if WRITER_QUEUE_SIZE is very small?
        i. 從這裡的結果來看, 對 Time Usage 與 CONSUMER SIZE CHANGE 並沒有太大影響

What happens if READER_QUEUE_SIZE is very small?

▶ READER_QUEUE_SIZE 由小到大所產生的 data:

```
['Reader Queue Size', 'Time Usage', 'Consumer Size Change List']
[[5.0 55.3581
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
```

```
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
[10.0 55.3555375
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
[15.0 55.36351666666667
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
[20.0 55.35305714285714
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
```

```
        10., 11.])
      ]
 [25.0 55.35788333333334
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [30.0 55.35285
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [35.0 55.3582875
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [40.0 55.35725714285714
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
```

```
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
[45.0 55.35682857142857
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
[50.0 55.35616666666667
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
[55.0 55.360825000000006
 array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
```

```
        10., 11.])
      ]
 [60.0 55.3538
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [65.0 55.358371428571424
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [70.0 55.354685714285715
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [75.0 55.35552857142857
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
```

```
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [80.0 55.357275
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [85.0 55.35604285714287
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
        10., 11.])
      ]
 [90.0 55.35945714285714
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
        11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
         6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
         5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
```

```
109          10., 11.])
             ]
110  [95.0 55.355675000000005
111   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
112          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
113           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
114           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
115          10., 11.])
             ]
116  [100.0 55.35617142857143
117   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
118          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
119           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
120           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
121          10., 11.])
             ]
122  [105.0 55.35452857142857
123   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
124          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
125           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
126           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
127          10., 11.])
             ]
128  [110.0 55.35465000000001
129   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
```

```
130          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
131           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
132           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
133          10., 11.])
        ]
134  [115.0 55.356971428571434
135   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
136          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
137           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
138           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
139          10., 11.])
        ]
140  [120.0 55.35452857142857
141   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
142          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
143           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
144           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
145          10., 11.])
        ]
146  [125.0 53.817
147   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
148          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
149           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
150           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
    10., 11.])]
```

```
 [130.0 53.8235
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11.])]
 [135.0 55.362728571428576
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
         10., 11.])
       ]
 [140.0 55.35525714285715
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
         10., 11.])
       ]
 [145.0 55.363487500000005
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
```

```
172           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
 8.,  9.,
173          10., 11.])
        ]
174  [150.0 53.826074999999996
175   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
176          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
177           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
178           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
10., 11.])]
179  [155.0 55.354471428571436
180   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
181          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
182           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
183           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
 8.,  9.,
184          10., 11.])
        ]
185  [160.0 55.35376
186   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
187          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
 4.,  5.,
188           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
 7.,  6.,
189           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
 8.,  9.,
190          10., 11.])
        ]
191  [165.0 55.358233333333324
192   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
11., 12.,
```

```
193          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
194           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
195           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
196          10., 11.])
        ]
197  [170.0 55.35251666666667
198   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
199          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
200           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
201           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
202          10., 11.])
        ]
203  [175.0 55.355740000000004
204   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
205          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
206           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
207           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
208          10., 11.])
        ]
209  [180.0 55.35517142857144
210   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
211          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
212           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
213           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
```

```
214         10., 11.])
       ]
215  [185.0 55.35237142857142
216   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
217         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
218          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
219          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
220         10., 11.])
       ]
221  [190.0 55.3581
222   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
223         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
224          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
225          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
226         10., 11.])
       ]
227  [195.0 55.357442857142864
228   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
229         11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
230          6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
231          5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
232         10., 11.])
       ]
233  [200.0 55.35788333333333
234   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
```

```
235          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
236           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
237           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
238          10., 11.])
        ]
239  [205.0 55.35902857142857
240   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
241          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
242           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
243           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
244          10., 11.])
        ]
245  [210.0 55.355114285714286
246   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
247          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
248           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
249           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
250          10., 11.])
        ]
251  [215.0 55.3632
252   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
253          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
254           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
255           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
```

```
256          10., 11.])
           ]
257   [220.0 55.35581428571429
258    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
259          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
260           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
261           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
262          10., 11.])
           ]
263   [225.0 55.35664285714285
264    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
265          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
266           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
267           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
268          10., 11.])
           ]
269   [230.0 55.36134285714286
270    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
271          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
272           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
273           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
274          10., 11.])
           ]
275   [235.0 55.36058333333333
276    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
```

```
277          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
278           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
279           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
280          10., 11.])
          ]
281   [240.0 55.36203750000001
282    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
283          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
284           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
285           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
286          10., 11.])
          ]
287   [245.0 55.356042857142846
288    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
289          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
290           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
291           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
292          10., 11.])
          ]
293   [250.0 55.36475714285714
294    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
295          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
296           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
297           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
```

```
298          10., 11.])
           ]
299   [255.0 55.3564625
300    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
     11., 12.,
301          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
      4.,  5.,
302           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
      7.,  6.,
303           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
      8.,  9.,
304          10., 11.])
           ]
305   [260.0 55.35791428571429
306    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
     11., 12.,
307          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
      4.,  5.,
308           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
      7.,  6.,
309           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
      8.,  9.,
310          10., 11.])
           ]
311   [265.0 55.35582857142857
312    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
     11., 12.,
313          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
      4.,  5.,
314           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
      7.,  6.,
315           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
      8.,  9.,
316          10., 11.])
           ]
317   [270.0 55.36211666666666
318    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
     11., 12.,
```

```
319          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
320           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
321           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
322          10., 11.])
          ]
323   [275.0 55.360299999999995
324    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
325          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
326           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
327           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
328          10., 11.])
          ]
329   [280.0 55.35605714285714
330    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
331          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
332           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
333           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
334          10., 11.])
          ]
335   [285.0 55.35338
336    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
337          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
338           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
339           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
```

```
340          10., 11.])
           ]
341   [290.0 55.35475714285714
342    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
343          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
344           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
345           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
346          10., 11.])
           ]
347   [295.0 55.35774
348    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
349          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
350           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
351           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
352          10., 11.])
           ]
353   [300.0 55.3563
354    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
355          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
356           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
357           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
358          10., 11.])
           ]
359   [305.0 55.36382857142856
360    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
```

```
361          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
362           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
363           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
364          10., 11.])
          ]
365  [310.0 55.36171666666666
366   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
367          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
368           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
369           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
370          10., 11.])
          ]
371  [315.0 55.35406666666666
372   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
373          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
374           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
375           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
376          10., 11.])
          ]
377  [320.0 55.35661666666667
378   array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
379          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
380           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
381           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
```

```
382          10., 11.])
            ]
383   [325.0 55.362275
384    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
     11., 12.,
385          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
      4.,  5.,
386           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
      7.,  6.,
387           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
      8.,  9.,
388          10., 11.])
            ]
389   [330.0 55.358725
390    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
     11., 12.,
391          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
      4.,  5.,
392           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
      7.,  6.,
393           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
      8.,  9.,
394          10., 11.])
            ]
395   [335.0 55.36412
396    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
     11., 12.,
397          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
      4.,  5.,
398           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
      7.,  6.,
399           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
      8.,  9.,
400          10., 11.])
            ]
401   [340.0 55.35841666666667
402    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
     11., 12.,
```

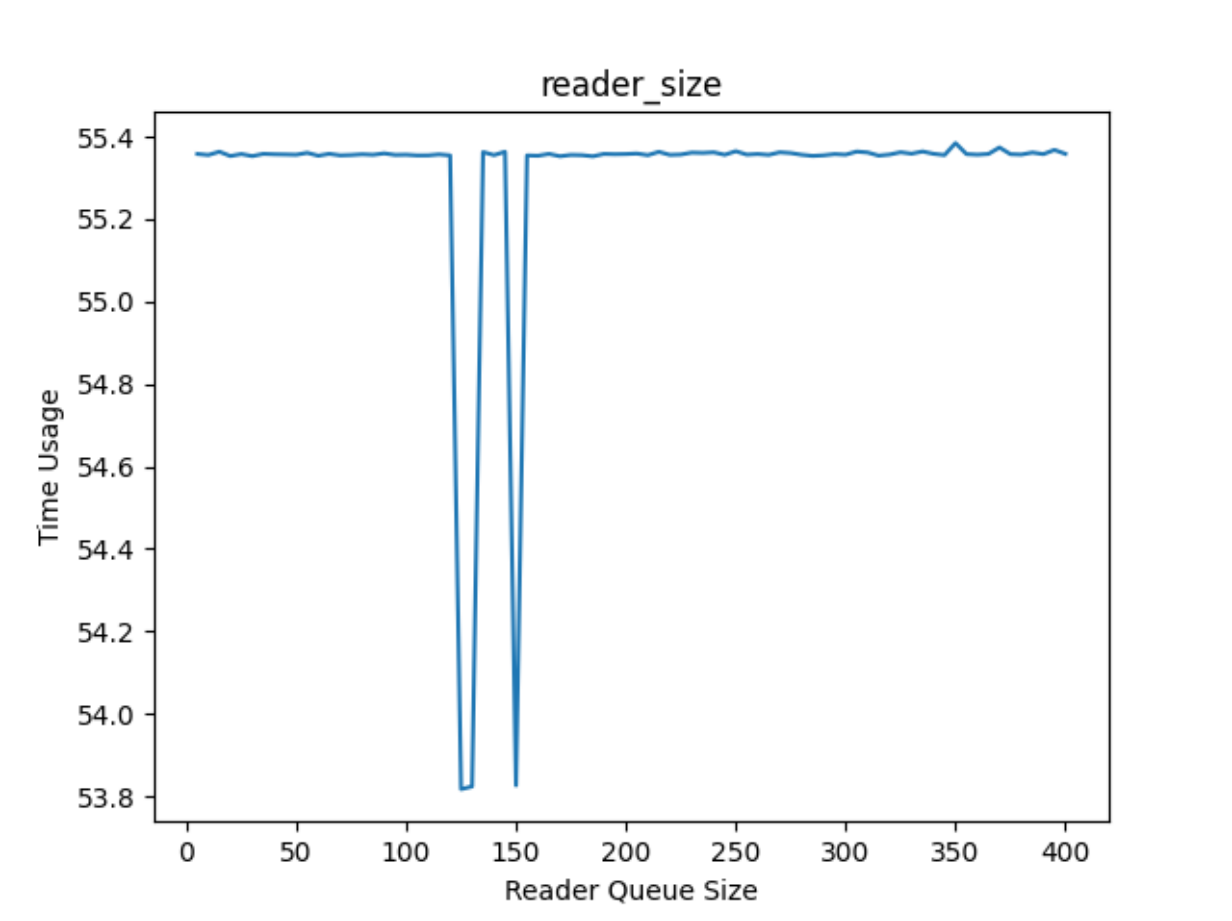
```
403          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
404           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
405           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
406          10., 11.])
          ]
407   [345.0 55.35536
408    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
409          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
410           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
411           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
412          10., 11.])
          ]
413   [350.0 55.38452857142857
414    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
415          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
416           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
417           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
418          10., 11.])
          ]
419   [355.0 55.3576875
420    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
421          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
422           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
423           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
```

```
424          10., 11.])
            ]
425   [360.0 55.35633750000001
426    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
     11., 12.,
427          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
      4.,  5.,
428           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
      7.,  6.,
429           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
      8.,  9.,
430          10., 11.])
            ]
431   [365.0 55.358062499999996
432    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
     11., 12.,
433          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
      4.,  5.,
434           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
      7.,  6.,
435           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
      8.,  9.,
436          10., 11.])
            ]
437   [370.0 55.37388571428571
438    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
     11., 12.,
439          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
      4.,  5.,
440           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
      7.,  6.,
441           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
      8.,  9.,
442          10., 11.])
            ]
443   [375.0 55.35752
444    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
     11., 12.,
```

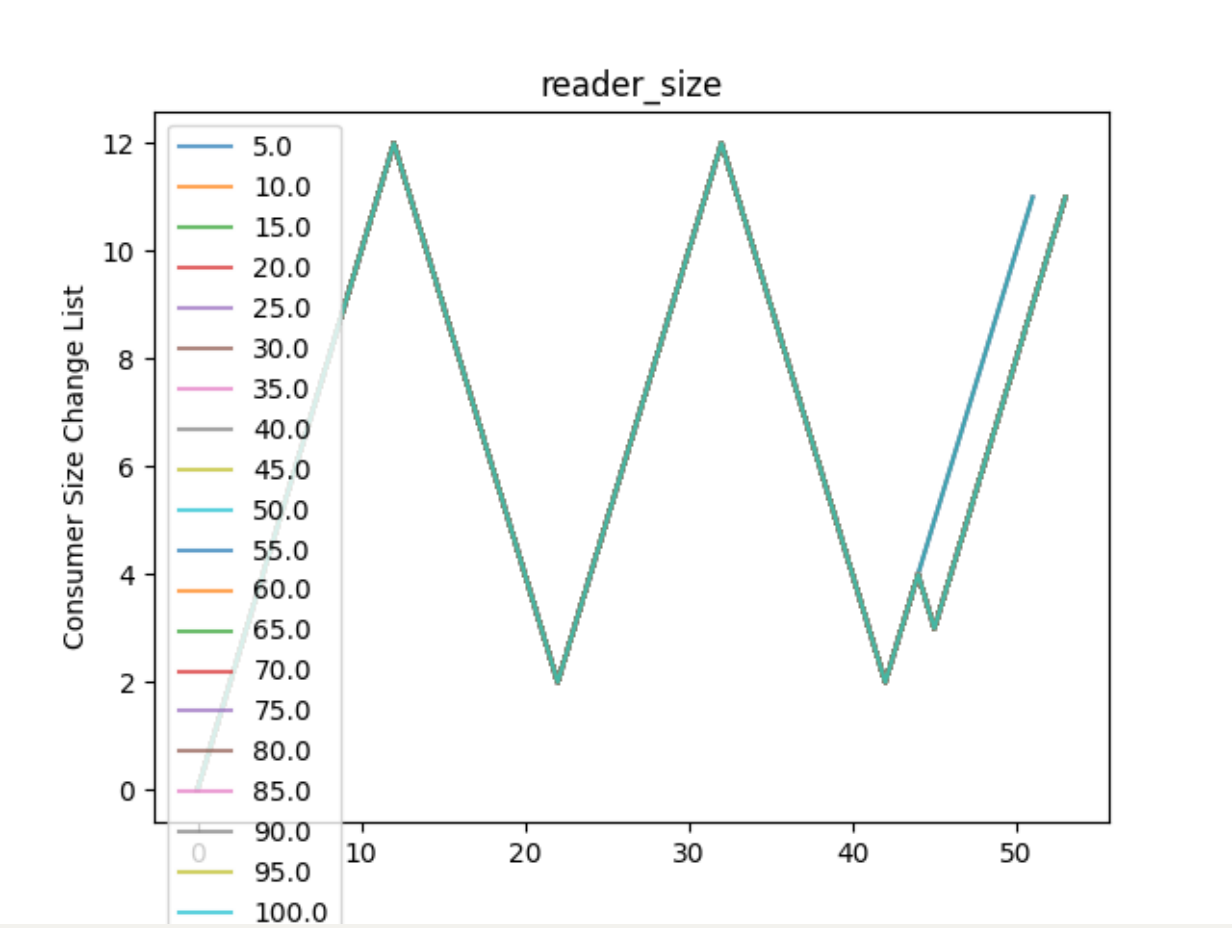
```
445          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
446           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
447           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
448          10., 11.])
          ]
449   [380.0 55.3566125
450    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
451          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
452           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
453           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
454          10., 11.])
          ]
455   [385.0 55.36155000000001
456    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
457          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
458           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
459           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
460          10., 11.])
          ]
461   [390.0 55.357662499999996
462    array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10.,
    11., 12.,
463          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,
     4.,  5.,
464           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,
     7.,  6.,
465           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,
     8.,  9.,
```

```
          10., 11.])
        ]
 [395.0 55.36783333333333
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
          10., 11.])
        ]
 [400.0 55.358314285714286
  array([ 0.,  1.,  2.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12.,
          11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,  5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  5.,
           6.,  7.,  8.,  9., 10., 11., 12., 11., 10.,  9.,  8.,  7.,  6.,
           5.,  4.,  3.,  2.,  3.,  4.,  3.,  4.,  5.,  6.,  7.,  8.,  9.,
          10., 11.])
        ]]
```

1. 圖像化 READER_QUEUE_SIZE 對 Time Usage 的影響:



2. 圖像化 READER_QUEUE_SIZE 對 CONSUMER SIZE CHANGE LIST 的影響:



3. 討論:

a. 從圖中可以很明顯發現 READER_QUEUE_SIZE 約在 130 與 150 時, Time Usage 有明顯的下降, 其他則呈現平穩的狀況
b. 從圖可以發現 READER_QUEUE_SIZE 對 CONSUMER SIZE CHANGE 並沒有太大影響, 幾乎所有的線重疊在一起, 總體波形呈現谷峰谷峰谷峰, 有條線岔出可以聯想到和第一點有些許點有極低值有相關
c. What happens if READER_QUEUE_SIZE is very small?
    i. 從這裡的結果來看, 對 Time Usage 與 CONSUMER SIZE CHANGE 並沒有太大影響

Feedback

楊子慶's feedback

本次的實作加入實驗的成分, 我利用 Process 的獨立性來測試當中多個 Thread 一起運行的表現, 以此實作獨立的運行環境, 讓使用者可以輕鬆調整操作變因來進行實驗。另運用 Linux 的 Timer API 實現 Consumer 數量的增減邏輯, 其運作方式頗為有趣, 是很好的練習經驗。

俞政佑's feedback

很少在資工的課程上面進行 "實驗", 是一次新鮮的體驗, 但感覺實驗之間的結果差距沒有很大, 分析感覺無法得到太多資訊。